Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. ...

Karl Alfred von Zittel

BRANNER
GEOLOGICAL LIBRARY

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES

G.E. STECHERT & Co.
(ALFRED HAFNER)
NEW YORK

Digitized by Google

BRANNER
GEOLOGICAL LIBRARY

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES

Digitized by Google

Digitized by Google

Geschichte

der

Wissenschaften in Deutschland.

Neuere Zeit.

Dreiundzwanzigster Band.

Geschichte der Geologie und Paläontologie.

AUF VERANLASSUNG
UND MIT
UNTERSTÜTZUNG
SEINER MAJESTÄT
DES KÖNIGS VON BAYERN
MAXIMILIAN II.

HERAUSGEGEBEN
DURCH DIE
HISTORISCHE COMMISSION
BEI DER
KÖNIGL. AKADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN.

München und Leipzig 1899.
Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Geschichte

der

Geologie und Paläontologie

bis Ende des 19. Jahrhunderts.

Von

Karl Alfred v. Zittel.

AUF VERANLASSUNG
UND MIT
UNTERSTÜTZUNG
SEINER MAJESTÄT
DES KÖNIGS VON BAYERN
MAXIMILIAN II.

HERAUSGEGEBEN
DURCH DIE
HISTORISCHE COMMISSION
BEI DER
KÖNIGL. ACADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN.

München und Leipzig 1899.
Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Vorwort.

Mit der Geschichte der Geologie und Paläontologie war ursprünglich Julius Ewald in Berlin betraut. Eine glücklichere Wahl hätte die historische Commission nicht leicht treffen können. Ewald gehörte noch zu den wenigen Geologen, deren wissenschaftliche Thätigkeit bis in die erste Hälfte dieses Jahrhunderts zurückgreift; er hatte die glänzendste Entwickelungsperiode der Geologie in Deutschland nicht nur als verständnißvoller Zuschauer, sondern als thätiger Mitarbeiter durchlebt und stand in nahen persönlichen Beziehungen zu den meisten führenden Forschern jener Zeit. Leider war es Ewald nicht vergönnt, seine Aufgabe zum Abschluß zu bringen. Wenige Jahre vor seinem Tode legte er aus Gesundheitsrücksichten das übernommene Mandat nieder und auch die Ergebnisse seiner langjährigen Arbeit sind unwiederbringlich verloren, da durch testamentarische Bestimmung alle unvollendeten Manuscripte im Ewald'schen Nachlaß vernichtet wurden.

Obwohl dem Verfasser der Geschichte der Geologie in erster Linie die Aufgabe gestellt war, die Entwickelung dieser Wissenschaft in Deutschland zu schildern, so mußte doch eine nationale Behandlung des Stoffes von vorneherein abgelehnt werden. An der Ausbildung der Naturwissenschaften haben sich alle Culturvölker betheiligt, und in hervorragendem Maß sind Geologie und Paläontologie Disciplinen, für welche es keine politischen und sprachlichen Grenzen gibt. Nur im Zusammenhang mit den Leistungen anderer Nationen konnten jene der deutschen Forscher richtig abgewogen werden. Wenn nun auch, der Aufgabe entsprechend, in einzelnen Abschnitten die deutsche Literatur vollständiger als die fremde berücksichtigt wurde, so durfte

aus der letzteren doch keine Erscheinung von erheblicher Bedeutung unbeachtet bleiben.

Trotz gewichtiger Bedenken schien es mir unerläßlich, die Geschichte der Geologie und Paläontologie bis auf die Gegenwart fortzuführen. Eine historische Darstellung dieser Wissenschaften, welche mit dem sechsten oder selbst mit dem achten Dezennium dieses Jahrhunderts abschlösse, wäre bei ihrem Erscheinen in vielfacher Hinsicht veraltet. Auch gibt es seit Werner's Tod keinen für die Gesammtwissenschaft giltigen Ruhepunkt in ihrer Entwickelung. Die Aufgabe des Verfassers wurde durch solche Ausdehnung des Stoffes freilich wesentlich erschwert, denn für die neuere und neueste Zeit fehlt jede zusammenfassende historische Vorarbeit. Auch die für die älteren Perioden zweckmäßige Darstellungsmethode konnte für die moderne Entwickelung nicht beibehalten werden. Entsprechend der immer schärferen Specialisierung und Gliederung der Wissenschaft mußte nunmehr an Stelle einer Gesammtgeschichte eine Reihe von Sonderdarstellungen der verschiedenen Specialgebiete treten.

Die geologischen Leistungen des Alterthums haben geringen wissenschaftlichen Werth. Sie konnten darum ganz kurz behandelt werden. Auch die Periode nach der Völkerwanderung bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat neben einer Anzahl beachtenswerther Beobachtungen, vorzugsweise Hypothesen geliefert. Durch Whewell, Brocchi, Lyell u. A. ist diese ältere Entwickelung der Geologie schon mehrfach geschildert worden. Keferstein's Geschichte und Literatur der Geognosie reicht bis zum Jahr 1840, bietet jedoch für den Zeitabschnitt 1820 bis 1840 nur ein fleißig zusammengestelltes Literaturverzeichniß. Mit mehr Kritik und auch in ansprechenderer Form behandelt Friedrich Hoffmann die Geschichte der Geologie bis in die Mitte der dreißiger Jahre. Nicht viel weiter erstreckt sich Ch. Sainte-Claire Deville's Geschichte der Geologie, worin den Arbeiten von Elie de Beaumont mehr als ein Drittheil des gesammten Umfangs gewidmet ist. Die acht Bände von d'Archiac's Histoire des Progrès de la Géologie bieten für die Periode 1834 bis 1850 und zuletzt bis 1859 eine erschöpfende, theilweise musterhafte, jedoch nur für den Fachmann bestimmte Analyse fast aller während dieser Zeit erschienenen Schriften. Sowohl das Hauptwerk als auch die späteren historischen Arbeiten dieses geistvollen Autors tragen in erster Linie den französischen

Leistungen Rechnung und behandeln die deutsche Literatur wegen mangelnder Sprachkenntniß etwas stiefmütterlich. H. Vogelsang's Philosophie der Geologie enthält eine geistreiche, aber sehr subjective historische Einleitung, worin besonders die Entwickelung der Gesteinskunde berücksichtigt ist. Werthvolle Beiträge zur Geschichte der Geologie verdankt man Sir Archibald Geikie. Seine formvollendeten Biographieen von Roderik Murchison und Ramsay bieten weit mehr, als der Titel andeutet. Es sind schwer zu übertreffende Schilderungen der Entwickelung der Geologie in Großbritannien während der Lebensdauer der beiden genannten Forscher. In einer Sammlung von Vorträgen über die Gründer der Geologie hat Sir Archibald Geikie außerdem eine Reihe von prächtigen Lebensbildern geschaffen, die sich zu einer Geschichte der wissenschaftlichen Jugendjahre der Geologie an einander schließen.

Aus allen den genannten Werken habe ich Belehrung geschöpft. Im Allgemeinen war es aber mein Bestreben, wenn irgend möglich die Originalquellen einzusehen, um mein Urtheil unabhängig von Referaten zu machen. Wo Kritik erforderlich war, strebte ich nach strengster Unparteilichkeit. Bei noch nicht endgültig abgeschlossenen Streitfragen beschränkte ich mich auf objective Berichterstattung.

Die den einzelnen Abschnitten beigefügten Literaturnachweise mögen Manchem als überflüssiges Gepäck erscheinen; wer sich aber über gewisse Fragen eingehender zu unterrichten wünscht, dürfte darin eine nicht zu unterschätzende Erleichterung finden.

Ob mir die schwierige Aufgabe gelungen ist, eine den Fachmann befriedigende und zugleich jedem Gebildeten verständliche Geschichte der Geologie und Paläontologie zu liefern, muß ich dem Urtheil meiner Leser überlassen.

München im Juni 1899.

Karl A. von Zittel.

Inhalt.

1. Periode.

Das geologische Wissen im Alterthum.

Ueber die Vergangenheit unserer irdischen Heimath, über Entstehung und Entwickelung der Erde haben die Menschen zu allen Zeiten nachgedacht; aber klare und wissenschaftlich begründete Vorstellungen über diese Fragen waren den hochstehenden Culturvölkern des Alterthums ebenso fremd wie dem wilden Naturmenschen der Gegenwart. In den vielgestaltigen Schöpfungsmythen spiegelt sich das Maaß ihrer Erfahrung über Naturerscheinungen ab. Der Umfang ihres geistigen Gesichtskreises bestimmt den weiteren oder engeren Flug ihrer Phantasie. Die weite Kluft zwischen den kindischen Schöpfungssagen der Buschmänner, Australier, Eskimo und Neger und den Dichtungen der arisch-germanischen Stämme Europas über Welt- und Erdentstehung entspricht dem jeweiligen Culturzustand und der geistigen Begabung der genannten Völker.

Was von cosmogenetischen und geogenetischen Anschauungen der alten Culturvölker des Mittelmeergebietes und Asiens überliefert ist, erregt zwar durch phantastische Kühnheit, poetischen Schwung und philosophische Tiefe häufig unsere Bewunderung, allein wissenschaftliche Belehrung ist darin nicht zu finden, denn von exacter Beobachtung der Naturerscheinungen oder von der Zusammenfassung beobachteter Thatsachen zu Naturgesetzen hatte man damals noch keine Ahnung.[1])

Unter allen Schöpfungsmythen des Alterthums ragen durch anschauliche Bestimmtheit die babylonischen und jüdischen hervor. Mit Keilschrift bedeckte Thontafeln aus den Ruinen von Babylon und

Ninive enthalten die Ueberlieferungen der Babylonier. Die Schöpfung beginnt mit dem Chaos. Als Himmel und Erde noch nicht vorhanden waren und der Ozean und das Wirrwar ihre Fluthen mit einander mischten, entstanden die Götter. Sie wählten Marduk zu ihrem Vorkämpfer gegen Tiamat, die aufrührerische chaotische Meerfluth. Marduk rüstete sich mit Blitzspeeren und rief die Winde als Helfer herbei. Den Leichnam der besiegten Tiamat spaltete er in zwei Theile und schuf daraus den Himmel und darunter die Erde mit dem Ozean. Den Himmel bevölkerte er mit Sternen, den Wohnorten der großen Götter. Dann erfolgte die Schöpfung der Pflanzen und Thiere und zuletzt die der zwei ersten Menschen aus Lehm. Die offenbare Uebereinstimmung des babylonischen und jüdischen Schöpfungsmythus tritt noch deutlicher zu Tage in dem Sintfluthbericht, der anfänglich nur durch eine spätere Quelle, den Berosus, bekannt war, jetzt aber auch in Keilschrifttafeln gefunden ist.

An großartiger Einfachheit, an Kraft und Schönheit der Sprache wird der babylonische Mythus vom mosaischen Schöpfungsbericht weit übertroffen. Hier ist die Entstehung der Welt, der Erde und ihrer Bewohner das Werk eines persönlichen, allmächtigen Gottes. Kein Culturvolk des Alterthums hat eine ähnliche Schöpfungssage aufzuweisen. Leider wurde ihr später, als Bestandtheil der heiligen Schrift von der christlichen Kirche eine wissenschaftliche Bedeutung eingeräumt, welche der Entwickelung der Geologie Jahrhunderte lang hindernd im Wege stand. Indem die Theologie darin eine geoffenbarte und unanfechtbare Urkunde erblickte und sie durch das Dogma der Kirche schützte, suchte sie anfänglich alle mit dem Wortlaut des Berichtes nicht übereinstimmende Erfahrungen und Beobachtungen mit Gewalt zu unterdrücken und später, als ihre Macht hierzu nicht mehr ausreichte, durch Umdeutung und Auslegung der mosaischen Ueberlieferung den Zwiespalt zwischen Tradition und Wissenschaft zu versöhnen.

Die Schöpfungsmythen der verschiedenen Völker, in denen zwar fast allenthalben Berichte über gewisse Naturereignisse, wie Erdbeben, Ueberschwemmungen, zuweilen auch über vulkanische Eruptionen wiederkehren, bieten keinerlei Unterlage zur Feststellung bestimmter geologischer Begebenheiten. Sie haben mehr mythologisches und religiöses als wissenschaftliches Interesse. Die Fluthsagen der Juden, Babylonier, Chinesen, Inder, Germanen und Hellenen lassen sich ebenso

wenig mit geologischen Vorgängen in sichere Beziehung bringen, als die vagen Ueberlieferungen der Naturvölker.

Bei den Hellenen machte sich das Bestreben Mythe, Religion und Wissenschaft mit einander zu vermischen, weniger geltend, als bei den orientalischen Völkern; die Naturerscheinungen fanden darum auch eine viel objektivere Beurtheilung und bildeten den Gegenstand der philosophischen Speculation.[2]) Man beschäftigte sich vorwiegend mit Hypothesen über Erdentstehung, weniger mit Gedanken über Erdentwickelung. Was wir von Hesiod's Theogonie, der ältesten Cosmologie der Griechen wissen, spricht mehr für eine kühne dichterische Phantasie, als für exacte Beobachtung. Die Welt entsteht hier aus dem Urchaos; die Erde gebärt den Himmel, die Berge und das Meer und schafft schließlich, indem sie sich wieder mit dem Himmel begattet, die Göttergeschlechter.

Wenn Thales aus Milet, der Zeitgenosse des Krösus und Cyrus, Alles, Erde, Gestirne und lebende Wesen aus Wasser hervorgehen läßt, so erhebt sich sein genialer Schüler Anaximander[3]) schon zu einer höheren Naturanschauung, indem er aus einem unendlichen, unbegrenzten und ewigen Urstoff, mit dem von Anfang an eine bewegende Kraft verknüpft war, zuerst das Warme und Kalte und aus deren Mischung das Flüssige hervorgehen läßt, welches wieder Erde, Luft und einen das Ganze umhüllenden Feuerkreis absonderte. Aus Feuer und Luft entstanden die Gestirne: Die Erde ruhte im Mittelpunkt des Weltganzen und erzeugte unter dem Einfluß der Sonnenwärme die Thiere, welche, weil in flüssigem Schlamm geboren, ursprünglich mit Einschluß des Menschen fischähnliche Gestalt besaßen.

Von Xenophanes aus Kolophon (614 v. Chr.) berichtet Origines[4]), er habe Seemuscheln mitten im Lande auf Bergen, Abdrücke von Lorbeerblättern in Gesteinen von Paros und verschiedene Meereserzeugnisse im Boden von Malta beobachtet und diese Erscheinungen periodischen Ueberfluthungen des Festlandes zugeschrieben, wobei das Menschengeschlecht sammt seinen Wohnsitzen versank. Auch der Historiker Xanthos aus Sardes (ca. 500 v. Chr.) macht auf versteinerte Muscheln aufmerksam, welche er in Armenien, Phrygien und Lydien fern vom Meer gesehen habe und zieht daraus den Schluß, daß die Orte, wo diese Reste vorkommen, einst vom Ozean überfluthet waren, und daß überhaupt das Flüssige und Feste

beständig mit einander wechselten. Herodot (500 v. Chr.) folgert aus dem Vorkommen von versteinerten Schaalen von Meermuscheln in den Bergen Aegyptens und in der Nähe der Ammons-Oase, sowie aus der salzigen Beschaffenheit der meisten Gesteine die einstige Bedeckung Unterägyptens durch das Meer. Erst später habe der Nil durch Zufuhr von Schlamm den ehemaligen Meerbusen zwischen Theben und Memphis und das Delta ausgefüllt. Das heutige Aegypten sei somit ein Geschenk des Nils. Ueber die Ursachen der Nilüberschwemmungen konnte übrigens Herodot zu keiner bestimmten Ansicht kommen, obwohl er alle darüber bestehenden Hypothesen eingehend erörtert.

Für Heraklit (ca. 500 v. Chr.) gibt es nichts Festes und Bleibendes in der Welt; Alles ist in Veränderung begriffen, wie ein Strom, in dem immer neue Wellen die alten verdrängen.[5]) Das Feuer ist ihm darum auch das Ursprüngliche, welches unaufhörlich in alle Elemente übergeht, alle Theile des Weltganzen durchdringt, die Einzeldinge erzeugt und wieder verschlingt. Das Feuer verwandelt sich in Meer und dieses theilt sich wieder in Erde und Gluthhauch. Die aufsteigenden Dünste bilden durch Verbrennung die Sonne, welche Tag für Tag von Neuem erzeugt wird. Obwohl die Welt immer gewesen ist und immer sein wird, so unterliegt sie doch beständigem Wechsel und damit tritt das Princip einer periodischen Weltbildung und Weltzerstörung in den Vordergrund seines Gedankenganges.

Die Lehren des im 5. Jahrhundert v. Chr. lebenden, in Samos geborenen und später nach Kroton in Unteritalien ausgewanderten Pythagoras sind durch spätere Autoren derart verdunkelt, entstellt und von Mythen durchwoben, daß es schwierig ist, den ursprünglichen Kern aus dem Gewirre fremder Zuthaten herauszuschälen. Das Interesse der Pythagoräer wandte sich weniger als das ihrer Vorgänger der Naturbetrachtung zu. Für sie hatte das Weltgebäude nur als Ganzes, als das Ergebniß bestimmter, in Zahlen ausdrückbarer Gesetze Bedeutung. Nach Diogenes Laertius dachte sich Pythagoras den Kosmos als eine Kugel. Im Mittelpunkt befand sich freischwebend die kugelförmige Erde. Sie hatte die Axe für die Umdrehung des Firmaments zu tragen, und um sie beschrieben Mond, Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn kreisförmige Bahnen, wobei ihre harmonische Bewegung die Sphärenmusik

hervorbrachte. Der Pythagoräer **Philolaus** versetzt in den Mittelpunkt des Weltalls das Centralfeuer; um dieses bewegten sich von West nach Ost zehn himmlische Körper: die fünf Planeten, die Sonne, der Mond, die Erde und die Gegenerde. Die äußere Grenze der Welt wurde durch das Feuer des Umkreises gebildet. Erde, Sonne und Mond hatten Kugelgestalt, da für Pythagoras nur Kreis und Kugel vollkommen genug waren, um die ewige Fortdauer der Welt zu verbürgen. Die Erde kehrte eine Hälfte dem Centralfeuer zu, während die andere bewohnte Hälfte Licht und Wärme von der Sonne erhält. Jenseits des Feuerkreises liegen die Fixsterne und die unbegrenzte Luft, aus welcher die Welt ihren Athem zieht.

Wie sich gewisse pythagoräische Lehren in der römischen Kaiserzeit gestaltet hatten, zeigt **Ovid**[6]), welcher dem Pythagoras folgende Aussprüche in den Mund legt: „Nichts geht in der Welt verloren, aber Alles ändert seine Form; Tod bedeutet nur den Beginn eines neuen, anderen Lebens. Das Festland wurde umgewandelt in Meer und das Meer in Festland. Muscheln und Schiffsanker finden sich auf dem Gipfel von Bergen. Thäler wurden ausgefurcht von fließendem Wasser, Berge abgewaschen und dem Ozean zugeführt. Sümpfe wandelten sich um in trockenes Land; Spalten wurden durch Erdbeben geschlossen oder geöffnet; Inseln durch Deltas mit dem Festland verbunden, Halbinseln in Inseln verwandelt. Erdbeben versenkten Theile des Festlandes und ganze Städte ins Meer; feuerspeiende Berge waren einstens unthätig, active Vulcane werden einstens erlöschen. Nach periodischen Weltringen treten Verbrennungen und Weltüberschwemmungen ein. Auch die lebendigen Wesen sind stetem Wechsel unterworfen; die Seelen der gestorbenen Organismen wandern in andere neugeborene über und leben in diesen weiter.“ Da in obigen Sätzen hin und wieder auf Ereignisse hingewiesen wird, die erst nach dem Tode des Pythagoras eingetreten sind, so rühren sie sicher nicht in der von Ovid gewählten Form von dem samischen Philosophen her.

Das von Pythagoras und Heraklit so scharf betonte Prinzip des ewigen Wechsels durchdringt auch das Lehrgedicht des **Empedocles** (492—432 v. Chr.). Für den Philosophen aus Agrigent ist Alles aus vier Elementen (Erde, Wasser, Luft und Feuer) entstanden und zusammengesetzt. Diese vier Grundstoffe sind ungeworden, unvergänglich aber der steten Veränderung unterworfen. Die jetzige

Welt ist darum einmal entstanden und wird einstens auch wieder vergehen. Im Kreislauf des Weltlebens gibt es Perioden oder Stufen, welche sich in endloser Reihe wiederholen. Wie sich Empedocles diese Entwickelungsphasen dachte, hat kein besonderes Interesse, da seinen Speculationen die empirische Grundlage fehlt. Wenn er z. B. annimmt, daß die Fixsterne am Himmelsgewölbe befestigt seien, während sich die Planeten frei bewegen, wenn er die Neigung der Erdachse durch Luftdruck erklärt, wenn er glaubt, ein Tag habe anfänglich neun, später sieben Monate gedauert, wenn er bei der Entstehung der ersten Lebewesen die einzelnen Theile aus dem Boden hervorwachsen und sie erst später durch die Wirkung der Liebe sich zu höheren Formen vereinigen läßt, wenn er bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die männlichen Embryonen in den wärmeren, die weiblichen in den kälteren Theil des Uterus versetzt, wenn er die in Sicilien vorkommenden Knochen von großen fossilen Säugethieren für Reste eines erloschenen Gigantengeschlechtes hält, so spricht dies nicht für eine sonderlich scharfe Naturbeobachtung. Als Fortschritt muß es dagegen bezeichnet werden, daß Empedocles an Stelle des Centralfeuers der Pythagoräer einen feuerflüssigen Erdkern setzt, von dessen Existenz die heißen Quellen und Vulkane Zeugniß ablegen. Die Beobachtung der vulkanischen Erscheinungen in Sicilien bildet für den Agrigentinischen Philosophen eine Lieblingsbeschäftigung, und der Sage nach soll er durch einen Sturz in den Krater des Aetna sein Leben eingebüßt haben.

Unseren heutigen Anschauungen nähern sich Leucipp und Demokrit, welche die unablässige Bewegung im Weltall in winzige, untheilbare, Alles zusammensetzende Atome verlegen. Das einzig wirklich Existierende sind die Atome, Alles andere ist Einbildung; Nichts was ist, kann vernichtet werden; Veränderung ist nur Verbindung oder Trennung von Atomen. Sie sind unendlich an Zahl und Mannigfaltigkeit; sie bewegen sich im Raume, stürmen durcheinander, erzeugen Wirbel, aus denen Welten entstehen. Aber alles erfolgt nach Gesetzen, nichts durch den Zufall. Auch die Seele besteht aus besonders feinen Atomen, welche den ganzen Körper durchdringen und die Lebenserscheinungen hervorrufen. Der materialistischen Auffassung der Atomistiker tritt Anaxagoras aus Klazomenae (geb. 501 v. Chr.) insofern entgegen, als er dem Stoff den Geist (νοῦς) als bewegende und zielbewußte Kraft gegenüber

stellt. Aus dem ursprünglichen Chaos entstand die Welt durch eine Kreisbewegung, welche zugleich eine Scheidung von Aether, Luft und Wasser bewirkte. Aus dem Wasser ging die Erde hervor; die schlammige Erde erhielt Keime aus der Luft und erzeugte die beseelten Thiere und Pflanzen. In der Mitte des Weltganzen ruhte die Erde als walzenförmige Scheibe, um welche die Gestirne sich bewegten.

Mit der Entwickelung der sophistischen Schule tritt eine dialektisch-speculative, der Naturbeobachtung abgewandte Richtung in Vordergrund und diese überwiegt auch in der platonischen Philosophie, so daß die Naturwissenschaften dem genialen Athener nur wenig zu verdanken haben. In den Betrachtungen über Entstehung und Zusammensetzung des Weltgebäudes schließt sich Plato theils an Heraklit, theils an Anaxagoras an. Die Welt ist nach Plato[7]) das Erzeugniß der göttlichen Vernunft und der Naturnothwendigkeit. Die Gestalt des Weltganzen ist kugelförmig; in der Mitte liegt die Erde als unbewegliche Weltkugel, ihr zunächst folgen in sieben um die Erde beschriebenen Kreisen die Sonne und die Planeten; den äußersten Kreis bilden die Fixsterne. Sämmtliche Weltkörper sind beseelt, die Atome untheilbar, durch Flächen begrenzt und aus solchen zusammengesetzt; die Welt selbst unvergänglich, nimmer alternd, noch vergehend. Von concreten Dingen verdient die Erzählung im Timaeus vom Untergang eines atlantischen Festlandes (Atlantis) jenseits der Säulen des Hercules (Gibraltar) Erwähnung. Diese in neuester Zeit wieder in der Geologie zu Ehren gekommene Atlantis soll nach Plato größer gewesen sein als Asien und Libyen zusammen. Neuntausend Jahre vor Plato war diese Insel bevölkert, dann wurde sie durch Erdbeben und Ueberschwemmungen zerstört, und seit jener Zeit ist das Meer wegen des Schlammes, der von der Atlantis zurückblieb, nicht mehr schiffbar.

Durch Aristoteles (384—322 v. Chr.) erhielt nicht nur die speculative Philosophie, sondern auch die empirische Naturbeobachtung der Griechen ihre höchste Ausbildung. Stehen auch die physikalischen und geologischen Forschungen des großen Stagiriten an Neuheit und Originalität nicht auf der Höhe seiner zoologischen und physiologischen Beobachtungen, so sind doch die älteren Anschauungen der Eleaten, Pythagoräer und Atomistiker durch neue Gedanken vergeistigt, präciser gefaßt und häufig durch empirische Beobachtung begründet. Die zahlreichen Schriften des Aristoteles überliefern uns die Quintessenz der hellenischen Weltanschauung. Im Gegensatz zu den Atomistikern

nimmt Aristoteles an, daß die Stoffe qualitativ verschieden seien und daß sich das Weltganze in eine irdische und eine himmlische Hälfte theile: der letzteren gehöre der unveränderliche Aether, der ersteren die vier Elemente (Erde, Wasser, Luft und Feuer) an. Alle Elemente bilden zusammen ein Ganzes, einen in sich geschlossenen Kreis des Werdens und Vergehens, der seit Ewigkeit besteht. Im Mittelpunkt des Weltgebäudes befindet sich die Erdkugel, um welche die himmlischen Sphären der Gestirne kreisen. Die Entwickelung der Erde ist zu vergleichen mit der eines Organismus; sie zeigt Perioden des Werdens, der Reife und des Zerfallens. Bei der periodisch wiederkehrenden Verjüngung der alternden Erde bringt sie aus Schlamm die niedrigen Thiere hervor, aus denen sich durch geschlechtliche Fortpflanzung die höheren entwickeln. Die Pflanzen sind mit den Thieren und diese wieder untereinander durch vielfache Uebergänge verbunden. Speciellere Erörterungen geologischer Fragen finden sich nur spärlich in den Aristotelischen Werken, doch enthält die Meteorologie mancherlei Andeutungen über Wechsel von Festland und Meer, über Erdbeben, über die deucalionische Fluth, über die Anschwemmungen des Nils, ohne jedoch etwas wesentlich Neues zu bringen.

Theophrast aus Lesbos (368—284 v. Chr.), der bedeutendste Schüler des Aristoteles, welcher sich wieder mit Vorliebe naturwissenschaftlichen Studien widmete, überliefert in einer Schrift περὶ λίθων[8]) mancherlei Angaben über Mineralien und Versteinerungen. Ein besonderes Werk über Versteinerungen, das Plinius wahrscheinlich noch benützen konnte, ist verloren. In einer Schrift περὶ τῶν ἰχθύων gedenkt Theophrast der ἰχθύες ὀρυκτοί von Heraklea in Paphlagonien und meint, dieselben seien entweder aus zurückgebliebenen Fischeiern in der Erde entstanden oder sie hätten sich aus den benachbarten Gewässern in die Erde verirrt. Diese Bemerkung wurde von späteren Autoren allgemein auf fossile Fischabdrücke bezogen, während Hailer[9]) die Vermuthung aufstellte, daß es sich wahrscheinlich um lebende Schlammfische handle. Die Encyclopädisten der Alexandrinischen Schule beschäftigten sich vorwiegend mit Astronomie, Mathematik und Geographie, doch äußert Eratosthenes (276—196 v. Chr.), dessen Gradmessung in Aegypten zuerst eine genauere Vorstellung über die Größe unseres Planeten gewährte, auch Vermuthungen über den Zusammenhang der Bergketten, über die Wirkung des Wassers und über die einstige Bedeckung des Fest-

landes durch das Meer, welche sich aus dem Vorkommen von Austern und anderen Seethieren in der libyschen Wüste auf dem Wege zur Ammons-Oase erkennen lasse. Im Ganzen hält übrigens Erathostenes die durch Wasser, Vulkane, Erdbeben und Schwankungen des Meeres hervorgerufenen Veränderungen für unerheblich im Verhältniß zur Gesammtgestalt der Erde.

Hatten sich die älteren hellenischen Philosophen in ihrer überwiegenden Mehrzahl hauptsächlich mit den allgemeinsten Fragen von Welt- und Erdentstehung beschäftigt und verhältnißmäßig wenig thatsächliches Material geliefert, so wandte sich der realistischere Geist der Forscher aus der römischen Kaiserzeit mehr der concreten Naturbeobachtung zu. Unter diesen nimmt der weit gereiste Strabo, dessen Geographie zu Anfang der Regierung des Tiberius geschrieben ist, durch Vielseitigkeit und Gründlichkeit die erste Stelle ein.[10]) Genau vertraut mit der griechischen Literatur folgert er aus den schon von Empedocles, Xanthos, Eratosthenes, Strato u. A. erwähnten versteinerten Muscheln und Seethieren nicht nur wie seine Vorgänger, daß das Meer ehemals gewisse Landstrecken, die jetzt bewohnt sind, bedeckt habe, sondern auch, daß dasselbe Stück Land sich bald hebe, bald senke und daß auch das Meer mit steige und falle. Er berichtet ferner, daß nicht blos einzelne Felsen oder Inseln, sondern ganze Continente aus dem Meer emporgehoben und wieder versenkt werden könnten, daß Sicilien, Procida, Capri, Leucosia, die sirenischen und oenotrischen Inseln durch Erdbeben von Italien getrennt und daß wahrscheinlich überhaupt alle in der Nähe der Festländer gelegene Inseln von den letzteren abgerissen worden seien. Die weiter im Meer gelegenen Inseln seien durch unterirdisches Feuer emporgehoben. Zum Beweis für diese Ansicht beruft er sich auf eine im Jahr 196 v. Chr. beobachtete vulkanische Eruption zwischen Thera und Therasia, wobei vier Tage lang Feuerflammen aus dem Meer hervorgebrochen und schließlich eine Insel von 12 Stadien im Umfang emporgestiegen sei. Bei Methone am hermionischen Meerbusen sei ein 7 Stadien hoher Berg unter Ausbruch von Schwefeldampf und Feuer entstanden und die ehemalige Seestadt Spina (bei Ravenna) läge jetzt 90 Stadien vom Ufer entfernt. Ist somit Strabo gewissermaßen der Vater der modernen Gebirgstheorien, so rührt von ihm auch die Hypothese der Vulkane[11]) als Sicherheitsventile her, denn er meint, Sicilien würde jetzt weniger von Erd-

beben heimgesucht als in früheren Zeiten, wo die Vulkane des Aetna, der liparischen Inseln und Ischia's noch geschlossen waren und wo darum die gespannten Dämpfe im Erdinnern häufigere und heftigere Erschütterungen verursachten. Für Strabo's feine Beobachtungsgabe spricht ferner der Umstand, daß er im Vesuv, trotz dessen damaliger gänzlicher Unthätigkeit, einen vulkanischen Berg erkannte.

Unter den römischen Naturforschern nimmt als scharfer Beobachter der Natur und scharfer systematischer Denker Seneca, der Leibarzt des Kaisers Nero, (geb. 2 od. 4 vor, gest. 65 n. Chr.) wohl die erste Stelle ein. Seine Bedeutung wurde durch A. Nehring[12]) ins richtige Licht gestellt. Die Quaestiones naturales enthalten ausführliche Mittheilungen über Erdbeben, Vulkane und die aufbauenden und zerstörenden Wirkungen des Wassers. Die Erdbeben erklärt Seneca theils durch gewaltsame Ausdehnung in der Erde angesammelter Gase, theils durch Einsturz unterirdischer Hohlräume. In den vulkanischen Eruptionen erblickt er nur eine Steigerung der Erdbebenerscheinungen. Die Vulkane selbst werden als Canäle zwischen einem localen unterirdischen Gluthheerd und der Erdoberfläche erklärt. Von Vulkanen sind in erster Linie der Aetna, sodann der Stromboli (Strongyle), Therasia und Thera (das heutige Santorin), nicht aber der Vesuv erwähnt. Den Urzustand der Erde denkt sich Seneca als wässerig-flüssiges Chaos, das sich im Laufe der Zeit entmischte. Die Bemerkungen über die auflösende und zerstörende Thätigkeit des Wassers und die Entstehung von Sedimenten und Deltas behandeln diese Fragen vielfach im Sinne der modernen Geologie und verrathen durchwegs ein gesundes Urtheil.

Der gelehrte Polyhistor Plinius (d. Aeltere) überliefert fast das gesammte naturwissenschaftliche Wissen des Alterthums. Seine Historia naturalis umfaßt die Naturgeschichte der Thiere, Pflanzen, Steine, die Geschichte des Himmels und der Erde, der Arzneikunde, des Handels, der Schifffahrt ꝛc.; in Lib. II c. 88 und 89 werden die aus dem Meer aufgestiegenen Inseln Delos, Rhodus, Anaphe, Nea, Alone, Thera, Therasia, Hiera, Automate und Thia aufgezählt. Seine Berichte über Vulkane, Erdbeben und über Versteinerungen, die da und dort vorkommen, sind nicht immer zuverlässig und stammen fast alle aus zweiter oder dritter Hand. Ein tragisches Geschick wollte es, daß der rastlos thätige Compilator seinen Tod finden sollte, während er damit beschäftigt war, das großartigste geologische Ereigniß im Alterthum, den ersten Ausbruch des Vesuvs im Jahre 79

n. Chr. zu beobachten. In zwei Briefen an Tacitus schildert der jüngere Plinius das Ende seines Oheims, welcher bei Beginn der Eruption als Flottenkommandant in Misenum lag, sich aber sofort nach Stabiae begab, um der nothleidenden Bevölkerung Hilfe zu bringen und das große Naturschauspiel in der Nähe zu sehen. Er starb auf offenem Feld, wahrscheinlich erstickt durch Dämpfe und feine Asche. Seine Leiche wurde drei Tage später, als die Verdunkelung des Himmels aufgehört hatte, unversehrt aufgefunden. Die lebendige Schilderung der Vesuveruption und des damit verbundenen Erdbebens durch den jüngeren Plinius gehören zu den bemerkenswerthesten literarischen Ueberlieferungen aus dem Gebiete der Geologie. Sonderbarer Weise wird darin die von Dio Cassius bestätigte Verschüttung von Herculanum, Pompeji und Stabiae nicht erwähnt.

Ueber einen Ausbruch des Aetna handelt ein Gedicht von Lucilius. Ueberhaupt spielt dieser Vulkan in der Literatur der Alten eine namhafte Rolle.

Daß bei den Römern auch das Interesse an Versteinerungen nicht fehlte, geht aus einer Stelle des Suetonius hervor, wonach Kaiser Augustus seine Villa in Capri mit gewaltigen fossilen Knochen ausgeschmückt habe, die man damals allgemein für Gebeine von Riesen hielt.

Ueberblickt man die Leistungen des Alterthums für die geologische Wissenschaft, so bleibt die Ausbeute bescheiden genug. Die Neigung der orientalischen Völker zu phantastischen, der Hellenen zu philosophischen Speculationen zeitigten zwar eine Fülle von Hypothesen über Weltentstehung und Erdentwickelung, allein wenn einzelne derselben auch hin und wieder durch die Forschungen der Neuzeit theilweise Bestätigung fanden, so waren es doch nur Vermuthungen oder geistreiche Einfälle, denen die empirische Begründung fehlte. Werthvoller als die auf das Allgemeine gerichteten Speculationen erweisen sich verschiedene Beobachtungen über Erdbeben, Vulkane, Niveauschwankungen des Bodens, über die Thätigkeit des Wassers und sonstige Erscheinungen aus der dynamischen Geologie, sowie über das Vorkommen von Versteinerungen. Mit der Untersuchung der festen Erdkruste, mit der Zusammensetzung und den Lagerungsverhältnissen der Gesteine beschäftigte sich dagegen kein einziger Schriftsteller der antiken Welt und noch viel weniger hatte man eine Ahnung, daß die Gesteine und die in ihnen erhaltenen Versteinerungen als Belege

für die Geschichte der Erde verwendet werden könnten. Nirgends ist der Gedanke ausgesprochen oder auch nur angedeutet, daß unser Planet eine Reihe von Entwickelungsstadien durchgemacht habe, deren Spuren in den Erdschichten zu lesen seien, nirgends findet sich ein Hinweis auf die einstige Existenz verschiedener, zeitlich auf einander folgender Schöpfungen, deren Ueberreste in den Versteinerungen zu suchen seien. Der eigentliche Kern und das Ziel unserer heutigen geologischen und paläontologischen Wissenschaft war dem Alterthum absolut fremd und verschlossen, denn unbegründete Hypothesen und zusammenhanglose Beobachtungen können als wissenschaftliche Anfänge nicht bezeichnet werden.

Anmerkungen zur 1. Periode.

[1]) Ueber Cosmogenieen der Inder, Perser, Juden, Phönizier, Babylonier, Aegypter und Griechen vgl. H. F. Link, Die Urwelt und das Alterthum. Berlin 1821. Bd. I.

[2]) Ausführliche Mittheilungen über die naturwissenschaftlichen Anschauungen des classischen Alterthums findet man in Ed. Zeller, Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwickelung. 2 Bände. Tübingen 1856 bis 1869, sowie in E. v. Lasaulx, Die Geologie der Griechen und Römer. Abhandlg. der k. Bayer. Akad. d. Wiss. I. Klasse. Bd. VI, 3. 1852; in Diels, Doxographi graeci. Berolini 1879 und in Hugo Berger's Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen. I—IV. Leipzig 1887—1893.

[3]) Anaximander ist wahrscheinlich 611 v. Chr. in Milet geboren. Sein Buch περὶ φύσεως wird als erste philosophische Schrift der Griechen bezeichnet; ist aber verloren.

[4]) Origines Philos. I. 14 p. 893.

[5]) Zeller l. c. Bd. I. S. 454.

[6]) Ovidius, Metamorphosae lib. 13.

[7]) Timaeus 27. 29 ꝛc.

[8]) περὶ λίθων. Lugd. Batav. 1648 in's Deutsche übersetzt von A. H. Baumgärtner. Nürnberg 1770.

[9]) Blätter für das Gymnasialschulwesen 1895. XXXI. S. 562.

[10]) Fischer H. Ueber einige Gegenstände der physischen Geographie bei Strabon, als Beitrag zur Geschichte der alten Geographie. Wernigerode 1879.

[11]) Serbin A. Bemerkungen Strabo's über den Vulkanismus und Beschreibung der den Griechen bekannten vulkanischen Gebiete. Inaug.-Dissert. Erlangen 1893.

[12]) A. Nehring. Die geologischen Anschauungen des Philosophen Seneca. Beilage zum Programm des Gymnasiums von Wolfenbüttel. 1873 u. 1876.

2. Periode.

Anfänge der Versteinerungskunde und Geologie.

Durch den Zusammenbruch des Römischen Reiches, durch die Umwälzung aller staatlichen Verhältnisse während und nach der Völkerwanderung, durch die Glaubensstreitigkeiten zwischen dem erlöschenden Heidenthum und dem immer mächtiger aufstrebenden Christenthum und durch die kriegerischen Wirren, welche Europa bis tief in das Mittelalter hinein beständig erschütterten, wurden alle wissenschaftlichen Bestrebungen erstickt. Eine öde Scholastik fand in Klöstern und Klosterschulen Zuflucht. Sie ließ keine neuen Gedanken aufkommen und war überhaupt jeder Naturbeobachtung abhold. In dieser Periode der geistigen Barbarei wurden die Araber einige Jahrhundert lang (800—1300 n. Chr.) die Träger der Cultur und Wissenschaften. Sie erwarben die Werke des classischen Alterthums mit großen Opfern, übersetzten sie ins Arabische, und am Hofe der Chalifen Al Mansur, Harûn-al-Raschid und Al Mamûn fanden Gelehrte aus allen Ländern gastliche Aufnahme und Anerkennung. Wie groß aber auch die Verdienste der Araber um die Ueberlieferung und Weiterausbildung des antiken Wissensschatzes sein mögen und wie viel sie auch zur Erweiterung der mathematischen, astronomischen, alchymistischen, medicinischen und zoologischen Kenntnisse beigetragen haben, in der Geologie und Paläontologie haben sie keine nennenswerthen Leistungen aufzuweisen.

Erst am Schluß des Mittelalters, im 15. Jahrhundert, beginnt für Europa eine Periode des geistigen Aufschwungs. Durch die Erfindung der Buchdruckerkunst wurden Bücher für Jedermann zugäng-

lich. Die Wiedererweckung der classischen, namentlich der griechischen Autoren durch die Humanisten, durchwehte das gesammte Geistesleben mit einem erfrischenden Hauch. Universitäten, gelehrte Gesellschaften und Akademien wurden gegründet, und auf allen Gebieten entfaltete sich eine bis dahin unerhörte Regsamkeit.*) Die abgelebte und versteinerte Scholastik brach zusammen. Copernicus stürzte das alte geocentrische Weltsystem. Die Reformation trat für das Recht der Vernunft gegen den blinden Autoritätsglauben in die Schranken. Columbus, Vasco de Gama und andere kühne Seefahrer fügten dem bisherigen Culturgebiet die westliche Hemisphäre bei. Minder auffällig, aber nicht weniger durchgreifend vollzog sich auch der Umschwung bei den beschreibenden Naturwissenschaften. Statt der von

*) In der Gründung von gelehrten Gesellschaften ging Italien allen übrigen Ländern voran. Schon um Cosmo di Medici hatte sich ein Kreis von Gelehrten unter dem Namen der platonischen Akademie in Florenz gesammelt; allein dieser Gesellschaft fehlte noch eine feste Organisation. Als älteste Akademie ist darum die 1520 gegründete, später aber wieder aufgehobene Academia in Padua zu nennen, welcher 1560 die Academia secretorum naturae in Neapel und 1590 die hochangesehene Academia dei Lincei in Rom folgten. In Deutschland ging 1652 aus bescheidenen Anfängen die Academia naturae Curiosorum hervor, deren Statuten 1677 und 78 durch Kaiser Leopold bestätigt wurden. Nachdem auch Kaiser Karl VII. die Akademie privilegiert hatte, führt diese bis heutzutage blühende Gesellschaft ohne festen Wohnsitz den Namen Leopoldinisch-Carolinische Akademie. Im Jahre 1662 erhielt die bereits seit 1645 als freie Vereinigung bestehende Royal Society in London corporative Rechte. Im Jahre 1666 erfolgte die Gründung der Académie des Sciences in Paris, welcher schon 1633 die Académie française zur Pflege der französischen Sprache und 1648 die Académie des Beaux Arts vorausgegangen waren; 1795 wurden die drei Akademien nebst zwei weiteren mittlerweile hinzugekommenen Abtheilungen (Acad. des Inscriptions et Belles Lettres und Acad. des Sciences Morales et Politiques) reorganisiert und zum Institut de France vereinigt. In Berlin entstand 1700 auf Anregung Leibniz's die Societät der Wissenschaften, welche Friedrich der Große unter dem Präsidium von Maupertuis zur Akademie der Wissenschaften erweiterte; die Schriften derselben erschienen von 1746 bis 1804 in französischer, von da ab in deutscher Sprache. 1725 gründete Kaiserin Katharina I. die Akademie in St. Petersburg, und im gleichen Jahr entstand die k. Societät der Wissenschaften in Upsala; 1731 reformierte Graf Marsigli das Institut von Bologna zur Akademie; es folgten sodann 1739 die Akademie in Stockholm, 1743 die kgl. Gesellschaft der Wissenschaften in Kopenhagen, 1750 die Societät der Wissenschaften in Göttingen, 1756 die nach kurzer Dauer eingegangene Akademie in Erfurt, 1759 die Akademie in München, 1783 in Turin u. s. w.

den Scholastikern fast ausschließlich beliebten philologischen Interpretation der lateinischen und griechischen Texte wandte man sich nunmehr der directen Naturbeobachtung zu. Pflanzen, Thiere und Steine wurden nicht mehr als literarische Objecte behandelt, sondern um ihrer selbstwillen beachtet, untersucht, beschrieben, abgebildet und classificiert, und so entstand in verhältnißmäßig kurzer Zeit eine ziemlich umfangreiche botanische, zoologische und mineralogische Literatur.

Verschiedene Meinungen über Versteinerungen.

Schon die griechischen und römischen Schriftsteller erwähnen, wie im ersten Abschnitt gezeigt, vielfach das Vorkommen von Versteinerungen und betrachten dieselben fast ausnahmslos als Ueberreste von früher existierenden Thieren oder Pflanzen, welche durch irgend welche Ereignisse in den Boden oder in das Innere der Festländer gebracht worden seien. Das scholastische Mittelalter weiß nichts von Versteinerungen zu berichten und auch unter den Arabern ist lediglich der verdienstvolle Uebersetzer und Commentator des Aristoteles, Ibn Sina oder Avicenna (980—1037) zu erwähnen, welcher die Lehre von der elternlosen Urzeugung des Stagiriten noch dadurch zu ergänzen suchte, daß er sie auch auf die Versteinerungen anwendet und dem Urschlamm eine besondere schöpferische Kraft (vis plastica) beilegt, welche im Schooße der Erde jene Körper hervorbrachte.

Auf demselben Standpunkt steht mehr als zwei Jahrhunderte später der berühmte Albertus Magnus.*) Auch er nimmt eine virtus formativa in der Erde an, gibt aber die Möglichkeit zu, daß Thiere und Pflanzen an solchen Orten zu Stein erhärten könnten, wo eine steinmachende Kraft vorhanden sei.

Im 15. Jahrhundert entbrennt nun ein mehr als dreihundertjähriger Streit über die Frage, ob die Versteinerungen durch die

*) Albert v. Bollstaedt, genannt Albertus Magnus, ist 1193 zu Lauingen im bayerischen Schwaben geboren, studierte in Padua und Bologna, trat 1222 in den Dominicaner-Orden, wirkte mehrere Jahre als Lector an den Klosterschulen von Köln, Hildesheim, Freiburg und Regensburg und entfaltete zwischen 1245 und 1248 in Paris eine großartige Lehrthätigkeit. Nach Köln zurückgekehrt stand er der dortigen hohen Schule vor, wurde 1260 Bischof von Regensburg, aber schon nach zwei Jahren auf seinen Wunsch wieder dieser Würde enthoben und starb 1280 in Köln. Seine Werke füllen 21 Foliobände und sind meist theologischen und philosophischen Inhaltes.

vis plastica oder durch vom Meer aufsteigende Samendünste oder durch irgend eine andere Kraft im Boden selbst entstanden seien; ob man sie als Naturspiele (lusus naturae) oder mineralische Gebilde zu halten habe, oder ob sie als Ueberreste von lebenden entweder durch die Sintfluth oder durch andere Katastrophen in die Gesteine gelangt seien.

An diesem Kampf betheiligte sich auch der große Maler und Architekt Lionardo da Vinci[1]) (1452—1519). Er hatte in seiner Jugend als Ingenieur Kanäle in Norditalien gebaut und dabei viele Versteinerungen gesehen. Seine Ansichten über die letzteren lassen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig. Nach Lionardo haben die Seethiere, deren Reste jetzt als Versteinerungen herum liegen, da gelebt, wo wir sie heute finden. Das Meer bedeckte zu jener Zeit die Berge; Flüsse führten Schlamm in das Meer, welcher die Schalen der Muscheln und Schnecken erfüllte und versteinerte, und diese Absätze wurden später trockenes Land. Die Meinung, es seien die Versteinerungen unter dem Einfluß der Gestirne im Boden entstanden, wird als thöricht und unwissenschaftlich bekämpft.

Der Neapolitaner Alessandro degli Alessandri (1461—1523) erwähnt in einer Rhapsodie versteinerte Conchylien in den calabrischen Bergen und schreibt deren Anwesenheit einer Ueberfluthung des Festlandes durch den Ozean zu, die entweder durch eine außerordentliche Katastrophe oder durch eine Veränderung in der Rotationsaxe der Erde zu erklären sei.

Noch bestimmter äußert sich im Jahre 1517 Fracastoro.*) Man legte ihm versteinerte, beim Bau der Citadelle von San Felice in Verona gefundene Muscheln vor und fragte ihn um seine Meinung. Fracastoro wies die Ansicht von ihrer Entstehung durch vis plastica als ganz verwerflich zurück, aber ebenso wenig, meinte er, dürfe man sie der Sintfluth zuschreiben, denn diese sei nur von kurzer Dauer gewesen, auch müßten dann die Versteinerungen nicht Meermuscheln,

*) Fracastoro Hieronymus, geboren 1483 zu Verona, studierte in Padua, wurde 1502 Professor der Philosophie in Padua; zog sich später als praktischer Arzt nach Verona zurück; betheiligte sich als Leibarzt des Papstes Paul III. am Concil in Trient; starb 1553. — Fracastoro war auch als Dichter gefeiert. Er erschien von der Vorsehung besonders ausgezeichnet. Bei seiner Geburt war ihm der Mund bis auf eine kleine Oeffnung geschlossen; seine Mutter wurde, den einjährigen Knaben im Arm tragend, vom Blitz erschlagen.

sondern Süßwassermuscheln sein; überdies müßten sie, wenn sie von der Sintfluth herbeigeschwemmt wären, auf der Oberfläche zerstreut liegen und könnten nicht tief im Boden vergraben sein. Es bleibe darum nur die Möglichkeit übrig, daß die Versteinerungen von Thieren herrührten, welche da gelebt haben, wo sich ihre Ueberreste finden.

Ungleich bedeutender als die große Mehrzahl der damaligen sammelnden Naturkundigen ist Georg Bauer*), besser bekannt unter seinem schriftstellerischen Namen Agricola. Seine Zeitgenossen bezeichnen ihn als „Zierde Deutschlands", und Werner nennt ihn den Vater aller Bergwerksgelehrten und den Schöpfer aller mineralogischen Kritik. In der That nimmt Agricola an Schärfe der Beobachtung und Präcision der Darstellung unter den Mineralogen aller Zeiten eine hervorragende Stellung ein. Sein Aufenthalt in Joachimsthal verschaffte ihm Gelegenheit, den dortigen Bergbau kennen zu lernen und Mineralien zu sammeln. Bald wurde der gelehrte Arzt der beste Kenner des Bergbaues, was er 1528 durch Herausgabe des Bermannus, einer kleinen Schrift in Gesprächsform[2]), documentierte. Sein großes Werk de re metallica libri duodecim enthält eine vollständige Darstellung des Bergbaues und der Hüttenkunde seiner Zeit, sowie werthvolle Mittheilungen über das Vorkommen nutzbarer Mineralien, über Erzgänge und Lagerstätten. Zwei weitere Werke[3]) schildern sowohl die den Alten bekannten, als auch alle übrigen seitdem entdeckten Mineralien. Seine Beobachtungen über Krystallform, Spaltbarkeit, Härte, Schwere, Farbe, Glanz rc. sind geradezu musterhaft und dienten allen späteren Physiographen der Mineralien als Vorbild. Von geringerem Belang sind Agricola's Bemerkungen über Versteinerungen, mit denen er sich auch weniger eingehend beschäftigte. Er vereinigt unter dem Namen „Fossilia" Mineralien und Versteinerungen und darin folgten ihm in den nächsten zwei Jahrhunderten fast alle Autoren, insbesondere jene der Werner-

*) Georg Bauer (Agricola) ist 1494 zu Glauchau in Sachsen geboren; er ließ sich nach kurzem Aufenthalt in Italien, wo er den Doctorgrad erworben hatte, in Joachimsthal als Arzt nieder, wurde später Stadtphysikus zu Chemnitz, und starb daselbst 1555. Er hatte in späteren Jahren, weil er an den kirchlichen Streitigkeiten keinen Theil nahm und dem katholischen Glauben treu blieb, mancherlei Anfechtung zu dulden. Eine Gesammtausgabe seiner Werke wurde 1588 in lateinischer Sprache in Basel veröffentlicht. Eine deutsche Uebersetzung der mineralogischen Schriften gab Ernst Lehmann 1816 in Freiberg heraus.

schen Schule. Ueber die Natur der Versteinerungen konnte Agricola zu keiner bestimmten Meinung gelangen. Er hielt die in festem Gestein vorkommenden organischen Reste für mineralische Gebilde und meinte, die in Felsen gefundenen Muscheln habe die eingeschlossene Wärme aus der fetten und zähen Materie gebildet. Ammonshörner, Belemniten und Glossopetren (Haifischzähne) sind, wie Marmor, Kalkstein, Galmei u. s. w., für Agricola „verhärtete Wassergemenge“, dagegen schreibt er den versteinerten Blättern, Hölzern, Knochen und Fischen organischen Ursprung zu und meint, sie seien durch einen Succus lapidescens, den das Wasser überall mit sich führe, in Stein verwandelt worden.

Der berühmte und vielseitige Conrad Gesner*) konnte ebenso wenig wie Agricola zu einer bestimmten Meinung über Versteinerungen gelangen, obwohl er das erste illustrierte Buch über dieselben herausgab. Er äußert sich sehr zurückhaltend, hält es für möglich, daß einige der sogenannten Figurensteine (Lapides figurati) versteinerte Thiere, andere aber von der Natur selbständig erzeugte Gebilde sein könnten. Er bespricht die Versteinerungen neben den sonstigen Produkten des Bodens (Mineralien, Erzen, prähistorischen Steinwerkzeugen, Stalaktiten u. s. w.), vergleicht einige derselben mit Sonne, Mond und Sternen, andere mit Pflanzen und Thieren, ohne sich näher über ihre Entstehung auszusprechen.

Auf gleichem Standpunkt stehen der eifrige Sammler Johann Kentmann in Torgau und der aus Basel stammende Württemberg'sche Leibarzt Johannes Bauhin[4]), dessen Beschreibung der Gegend von Boll eine Anzahl recht deutlicher Abbildungen von Ammoniten, Belemniten, Muscheln und Brachiopoden aus dem Posidonomyen-Schiefer und mittleren Lias der Nachbarschaft von Boll enhält.

In Italien vertrat der Botaniker Andrea Mattioli[5]), der zum erstenmal die fossilen Fische des Monte Bolca erwähnt, die Ansicht

*) Conrad Gesner, geboren 1516 in Zürich, studierte in Straßburg, Bourges, Paris und später in Basel und Montpellier. Nach kurzem Aufenthalt als Lehrer in Lausanne, kehrte er in seine Vaterstadt zurück und war dort bis zu seinem Tode als Arzt thätig. Er starb 1565 an der Pest. Gesner galt für den ersten Gelehrten seiner Zeit. Seine literarische Fruchtbarkeit ist bewunderungswürdig, namentlich auf dem zoologischen Gebiet; sein Hauptwerk (Historia animalia) besteht aus fünf Büchern. Ueber Mineralien und Versteinerungen handelt eine besondere Schrift De rerum fossilium, lapidum et gemmarum figuris. Tigurii 1565.

des Agricola, daß poröse Muscheln, Knochen u. s. w. durch einen succus lapideus in Stein umgewandelt würden. Weit befangener durch scholastische Gelehrsamkeit erweist sich der Anatom Faloppio[6]) in Padua, welcher fossile Elephantenzähne aus der Puglia für erdige Concretionen, fossile Muscheln aus Volterrano für Erzeugnisse der Fermentation und Exhalation des Bodens hält und in seiner Leidenschaft für die vis plastica sogar die Scherben des Monte Testaccio in Rom für natürliche Eindrücke des Bodens erklärt. Auch Olivi von Cremona[7]) sieht in den fossilen Conchylien der berühmten Calceolarischen Sammlung lediglich Naturspiele. Michele Mercati lieferte gute Abbildungen von versteinerten Muscheln, Ammoniten, Nummuliten (Discolithen) aus dem Museum des Papstes Sixtus V., die 1717 und 1719 in der Metallotheca Vaticana durch Lancisi, den Leibarzt des Papstes Clemens XI., veröffentlicht wurden. Mercati bezeichnet die Versteinerungen nach Plinius und kommt nach längeren Erwägungen zu dem Ergebniß, sie seien unter dem Einfluß der Gestirne entstanden.

Es ist erstaunlich, mit welcher Zähigkeit bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts von vielen Autoren an solch' thörichten Ansichten über die Entstehung der Versteinerungen festgehalten wurde, obwohl dieselben durch Beschreibung und Abbildung mehr und mehr in den Gesichtskreis der Naturkundigen gerückt waren. Im Ganzen besitzt die umfangreiche Literatur dieser Periode nur geringen wissenschaftlichen Gehalt. Die Werke von Aldrovandi[8]), Kircher[9]), Lachmund[10]), Kirchmaier[11]), Alberti[12]), Balbini[13]), Geyer[14]), Reiske[15]), Moscardi[16]), Chiocci[17]), Plot[18]), Hartley[19]) u. A. liefern theilweise recht gute Abbildungen, fördern die Kenntniß der in verschiedenen Gegenden von Europa, namentlich in Italien, Deutschland und England vorkommenden Versteinerungen, behandeln dieselben aber theils als absonderliche mineralische Gebilde (lapides sui generis), theils als Naturspiele (lusus naturae), theils als im Boden durch vis plastica, spiritus lapidificus oder architectonicus oder irgend eine sonstige Kraft erzeugte Bildungen, oder vergleichen sie mit lebenden Muscheln, Schnecken, Seeigeln, Pflanzen ꝛc., legen ihnen auch darauf bezügliche Namen wie Ostraciten, Pectiniten, Bucciniten u. s. w. bei, ohne sich aber über ihre Entstehung oder ihr Verhältniß zu den jetzt existierenden Organismen zu kümmern.

Als die bedeutendsten Vertreter dieser Literatur sind die Engländer Lister und Lhwyd (Luidius) und der Schweizer Nikolaus Lang hervorzuheben. Martin Lister*) war ein vorzüglicher Kenner der lebenden Conchylien. Er hatte beobachtet, daß gewisse Gesteine eine beträchtliche Verbreitung besitzen, so daß man darnach Karten construieren könne, und daß die in verschiedenen Gesteinen enthaltenen fossilen Muscheln und Schnecken von einander abweichen. Während er aber einerseits den wichtigen Satz aussprach, die verschiedenen Gesteine könnten nach ihrem Gehalt von Versteinerungen unterschieden werden, zog er anderseits daraus die seltsame Schlußfolgerung, die Gesteine hätten die Fähigkeit, verschiedenartige Gebilde hervorzubringen. Daß die Versteinerungen von Thieren herrühren könnten, bestritt Lister auf's Entschiedenste.[20]) „Ich finde nichts von einer Muschel in diesen Muschelähnlichkeiten, und Eisensteinmuscheln sind in meinen Augen Eisenstein, Kalkmuscheln Kalkstein, Spathmuscheln Spath." Nichtsdestoweniger bildet er lebende und fossile Conchylien neben einander ab[21]), um ihre Aehnlichkeit zu zeigen, ist aber der Meinung, die letzteren seien als lapides sui generis den ersteren nur im Groben durch irgend eine uns unbekannte Ursache auf's Ungefähre hin nachgebildet, ohne deren Gestalt gänzlich zu erreichen.

Der englische Antiquar und Bibliophile Ed. Lhwyd (Luidius)[22]) beschrieb in einem umfangreichen, schön illustrierten Werk über die in Großbritannien vorkommenden Versteinerungen nicht weniger als tausend Arten, schmälert jedoch sein Verdienst durch seine absurde, in gewissem Sinne an Anaximander und Theophrast anknüpfende Theorie von der aura seminalis. In einem Brief an den berühmten Zoologen Johann Ray (de fossilium et foliorum mineralium origine) setzt er nämlich auseinander, die Versteinerungen seien durch feuchte mit Samen imprägnierte Dünste, welche aus dem Meere aufstiegen und in die Erdschichten gelangten, gebildet worden.

Einen warmen Anhänger fand Lhwyd in dem Luzerner Arzt und Rathsherrn Karl Nikolaus Lang**), dessen Historia lapidum figura-

*) Lister ist 1638 zu Radcliff geboren, studierte in Cambridge, war als Mediciner in York und London hochgeschätzt, begleitete 1698 den englischen Gesandten Lord Portland nach Paris, wurde 1709 Leibarzt der Königin Anna; starb 1711.

**) Karl Nikolaus Lang, geboren 1670 in Luzern, studierte in Freiburg i. Br. und Bologna Theologie und Medicin; erlangte als Arzt großen Ruf.

torum Helvetiae (Venedig 1708) auf 163 Tafeln eine Menge guter Abbildungen von Versteinerungen liefert. Als Beispiel der in damaliger Zeit beliebten Methode mag auf die Anordnung des Stoffes in dem Lang'schen Werke hingewiesen werden. Die sogenannten Figurensteine (lapides figurati) werden in 8 Classen eingetheilt. Davon enthält die erste Krystalle und Stalaktiten, die zweite Abdrücke von fossilen Fischen, Insekten, Pflanzen, ferner Drachensteine, Granat, Glimmer u. a.; die dritte versteinerte und inkrustierte Körper, welche ihre ursprüngliche Beschaffenheit durch einen Versteinerungsprozeß verloren haben; die vierte gewundene und eingerollte Ammonshörner und Nautiliten; die fünfte die kreiselförmigen und gewundenen Cochliten; die sechste die kreiselförmigen, aber nicht eingerollten Figurensteine; die siebente die zweischaligen Conchiten und die achte die röhrenförmigen Tubuliten. Diese Eintheilung, welche Mineralien, Versteinerungen, Concretionen, Tropfsteine, Dendriten u. a. mit einander vermengt, charakterisiert am besten den Standpunkt Lang's und seiner Vorgänger. Auch der Luzerner Naturforscher schreibt den Ursprung der Versteinerungen fein vertheilten, staubförmigen in die Erde gelangten Keimen zu. Die Beziehungen der Cochliten und Conchiten zu lebenden Conchylien blieben Lang jedoch keineswegs unbekannt. In seinem zoologischen Werk über das System der Mollusken werden die fossilen Formen berücksichtigt, mit denen der Meeresküste verglichen und ihre Verschiedenheit dadurch erklärt, daß die Samen für Figurensteine vorzugsweise von der Hochsee herrührten.

Lang ist einer der letzten Autoren, welcher für die directe Entstehung der Versteinerungen im Erdboden eintrat. Wie verbreitet aber derartige irrige Meinungen waren, geht aus der Thatsache hervor, daß z. B. das gesammte medicinische Collegium in Gotha fossile Elephantenknochen aus dem Diluvium von Burgtonna trotz des Widerspruches von Ernst Tenzel[23]) für Gebilde aus Mergel und Bolus erklärte.

Den tragikomischen Abschluß dieser Literatur bildet die Lithographia Würceburgensis von Joh. Barth. Beringer (1726), worin neben einer Anzahl von echten Versteinerungen aus dem Muschelkalk von Würzburg, eine Menge angeblicher Versteinerungen abgebildet

wurde 1712 Rathsherr in Luzern und stiftete daselbst ein naturhistorisches Museum; starb 1741.

und beschrieben sind, welche von Studenten fabriciert und dem leichtgläubigen Professor in die Hände gespielt wurden. Auf den Foliotafeln sieht man Bilder von Nacktschnecken, Insekten, Salamandern Fröschen, ja sogar von Sonne, Mond, Sternen und hebräischen Schriftzeichen. Als schließlich auch der eigene Name Beringer zum Vorschein kam, konnte die Mystification nicht länger verborgen bleiben. Beringer suchte sein bereits veröffentlichtes Werk aufzukaufen und zu vernichten, allein durch eine spätere Auflage (1767) wurde die bibliographische Curiosität erhalten. Von den „Lügensteinen" befindet sich eine reiche Sammlung im Naturaliencabinet von Bamberg, einige auch in den Universitätssammlungen von Würzburg, München und an anderen Orten.

Für eine naturgemäße und richtige Beurtheilung der Versteinerungen waren nicht nur viele Autoren des Alterthums eingetreten, sondern auch in der soeben geschilderten Periode gab es eine Anzahl Forscher, welche dem Beispiel Lionardo da Vinci's und Fracastoro's folgend die Versteinerungen für Ueberreste von Pflanzen und Thieren erklärten. Schon im Jahre 1580 veröffentlichte der um die Keramik hoch verdiente Bernard Palissy ein Werk[24]) über die Natur der Gewässer und Brunnen, der Metalle, Salze, Steine, Erden ꝛc., worin er die Entstehung von versteinertem Holz, die Mineralisation von Fischen im Mansfelder Schiefer und die Bildung von versteinerten Conchylien erklärt und darauf hinweist, daß manche der letzteren noch jetzt lebenden Gattungen vollkommen glichen und offenbar an Orten entstanden seien, die früher vom Meer oder Süßwasser bedeckt waren. Die naive und überzeugungstreue Sprache Palissy's verfehlte ihren Eindruck auf seine Gegner nicht, von denen er wegen ketzerischen Ideen zum Widerruf aufgefordert worden war.

In Italien suchte Fabio Colonna[25]) zu zeigen, daß die Glossopetren keine Schlangenzungen, sondern Haifischzähne seien und mit versteinerten Meermuscheln und Schnecken in den Erdschichten vorkämen; in anderen Resten erkannte er fossile Süßwasser- und Landthiere. Auch Nicolas Steno[26]), Scilla[27]), Major[28]), Imperato bekämpfen energisch die lächerlichen Ansichten ihrer Zeitgenossen über die Entstehung von Versteinerungen und fanden in den Engländern Hooke, Ray, Woodward einflußreiche Bundesgenossen, denen sich in Deutschland u. A. Leibniz, Büttner, Mylius, in der Schweiz Joh. Jac. Scheuchzer u. A. anschlossen, so daß in der Mitte des

18. Jahrhunderts Niemand mehr im Ernste von den Versteinerungen als Naturspielen oder Produkten der Erde spricht.

Die posthumen Werke des Physikers und Mathematikers Robert Hooke enthalten nach Versicherung des Herausgebers eine im Jahre 1688 geschriebene Abhandlung über die Erdbeben, worin auch höchst beachtenswerthe neue Anschauungen über Versteinerungen ausgesprochen werden. Der berühmte englische Gelehrte erklärt die versteinerten Muscheln für wichtigere Denkmäler der Natur, als Münzen und Manuscripte, weil sie nicht gefälscht werden könnten; allerdings sei es schwierig, aus ihnen eine Chronologie der Erde herzustellen. Viele fossile Ammoniten, Nautilen und andere Conchylien unterschieden sich zwar von den bekannten lebenden Formen, allein es sei zweifelhaft, ob sie von ausgestorbenen Arten herrührten, da die Kenntniß der Meerthiere und namentlich jener aus größerer Tiefe noch eine sehr unvollkommene sei. Immerhin scheint sich Hooke der Ansicht zuzuneigen, daß es sich vielfach um Arten handle, die durch frühere Erdbeben vernichtet worden seien. Jedenfalls gäbe es gewisse Formen, die nur an bestimmten Localitäten vorkämen und anderwärts nicht gefunden würden. Hooke schließt ferner aus dem Vorkommen von fossilen Schildkröten und großen Ammoniten in Portland auf ein ehemaliges heißeres Klima in England. Um dies zu erklären, nahm er seine Zuflucht zu Veränderungen der Erdachse oder des Centrums der Schwerkraft. Ueber die Umgestaltung organischer Ueberreste durch den Versteinerungsproceß macht Hooke[29]) mancherlei treffende Bemerkungen und erwähnt namentlich als lehrreiche Beispiele verkieselte Baumstämme aus Afrika und dem Königreich Ava. Die versteinerten Muscheln, Schnecken, Knochen, Pflanzen, Fische und dergleichen sind nach Hooke durch Erdbeben in die höheren Theile der Gebirge gelangt. Durch Erdbeben wurden Ebenen in Berge, Berge in Ebenen, Meere in Festland, Festländer in Meer umgewandelt. Die Erdbeben selbst haben ihre Ursache in einem unterirdischen Feuer, das auch die vulkanischen Eruptionen veranlaßt.

Kaum hatte man sich von den irrthümlichen und widersinnigen Anschauungen über das Wesen der Versteinerungen los gemacht, so verfiel die damalige von der Theologie beeinflußte Naturwissenschaft auf eine nicht minder verkehrte und für die Entwickelung der Geologie verhängnißvolle Hypothese. Konnte man den organischen Ursprung der Versteinerungen nicht mehr läugnen, so sollten sie wenigstens zu

Gunsten des mosaischen Schöpfungsberichtes und als Reliquien der Sintfluth verwerthet werden. Die „Diluvianer" bildeten im 17. und 18. Jahrhundert eine mächtige, von der Kirche gestützte Partei. Dem naiv frommen Sinn der damaligen Zeit erschien die Annahme, sämmtliche Versteinerungen seien durch die Sintfluth in die Erde gelangt, am angemessensten; Einwendungen dagegen wurden als religionsfeindlich verabscheut und verfolgt. Schon Fabio Colonna und Scilla hatten die Versteinerungen von der Sintfluth hergeleitet. Mit großer Entschiedenheit traten in England Woodward[30]), Burnet[31]) und Whiston[32]), in Deutschland Wedel[33]), Joh. Jac. Baier[34]), Büttner[35]), Liebknecht[36]), Hellwing[37]) u. A. in der Schweiz Joh. Jac. Scheuchzer für diese Theorie in die Schranken.

Als geistiges Oberhaupt der Diluvianer war der Züricher Professor Scheuchzer*) allgemein anerkannt. Eines der ersten Werke dieses fleißigen und überaus fruchtbaren Gelehrten beschäftigt sich mit den in der Schweiz vorkommenden Figurensteinen[38]), welche er damals „eher für Naturspiele (Naturae jucantis ludibria), denn für Ueberreste der Sintfluth (lugentis reliquiae) halten möchte". Unter dem Einfluß des Woodward'schen Werkes, das er in's Lateinische übersetzt, wendet er sich aber dann mit Begeisterung der Sintfluththeorie zu. Seine Naturhistorie des Schweizerlandes enthält einen besonderen Abschnitt über die sintfluthlichen Ueberreste in den Gesteinen der Schweiz. In einer Schrift »Piscium querelae et vindiciae 1708« klagen die versteinerten Fische, daß sie unverschuldet das Opfer der Sintfluth geworden seien und beschweren sich über die Ungerechtigkeit der Menschen, welche sie nicht als die Urerzeuger der jetzigen Fische anerkennen, sondern sie „vor mineralische Stein- und Mergelgeburthen" ansehen wollten. In der Vorrede zu den im gleichen Jahr erschienenen „Bildnissen verschiedener Fische und dero Theilen, welche in der Sintfluth zu Grund gegangen" bekennt Scheuchzer, dergleichen Figuren früher ebenfalls als Spiele der Natur betrachtet zu haben; es seien ihm aber später nach Aufsammlung einer Menge von Fischen aus dem Kalkschiefer von Oeningen und dem schwarzen Schiefer von Glarus die Augen aufgegangen. Gegen sein Lebensende glaubte er noch das

*) Johann Jacob Scheuchzer, geboren 1672 als Sohn des Stadtarztes J. J. Scheuchzer in Zürich, studierte in Altdorf und Utrecht, wurde 1696 zweiter Stadtarzt und 1710 Professor der Mathematik am Gymnasium in Zürich; starb 1733 in seiner Vaterstadt.

Glück zu haben, „das Beingerüst eines verruchten Menschenkindes um dessen Sünde willen das Unglück über die Welt hereingebrochen sei", entdeckt zu haben[39]), allein der vermeintliche homo diluvii tristis testis aus Oeningen wurde später von Cuvier als Riesensalamander erkannt und seinem Entdecker zu Ehren Andrias Scheuchzeri genannt. Das Original-Exemplar des Scheuchzer'schen Andrias befindet sich jetzt im Teyler'schen Museum zu Harlem.

Scheuchzer's Verdienste um die naturhistorische Erforschung der Schweiz und die Begeisterung, mit welcher er in Wort und Schrift für die Verbreitung seiner Lehren sorgte, verschafften ihm großes Ansehen und viele Anhänger. Er förderte nicht wenig das Interesse für Versteinerungen, die nunmehr theils als Reliquien der Sintfluth, theils als Beweise der Allmacht, Güte, Weisheit und Gerechtigkeit des Schöpfers, theils als Merkwürdigkeiten der Natur oder als veränderte Ueberreste von Pflanzen und Thieren gesammelt und von Dilettanten und Gelehrten beschrieben wurden. So entstanden zahlreiche Bücher und Abhandlungen, die entweder zur „Gemüths- und Augenergötzung" dienen sollten, theils den Zweck hatten, die fossilen Ueberreste bestimmter Gegenden zu schildern, theils sich mit den Versteinerungen im Allgemeinen oder einzelnen Gruppen derselben eingehender beschäftigten.

Als Beispiel der ersten Kategorie mag Fr. Chr. Lesser's Lithotheologia (Hamburg 1751) genannt werden. Unter den Monographien von Versteinerungen kleinerer Gebiete sind in Deutschland die Werke von Mylius[40]), Hellwing[37]), Joh. Jac. Baier[34]), Liebknecht[36]), Wolfart[41]), Volkmann[42]), Klein[43]) hervorzuheben. Die Oryctographia Norica des Altdorfer Professors Joh. Jac. Baier verdient wegen ihrer naturwahren Abbildungen besonderes Lob. Eine von seinem Sohne Ferdinand im Jahre 1757 durch ein Supplement mit 15 Foliotafeln vermehrte Ausgabe gewährt eine Uebersicht der häufigeren Versteinerungen des ober- und mittelfränkischen Jura, die noch jetzt Beachtung beanspruchen darf. In der Schweiz tritt Joh. Gesner[44]) in die Fußstapfen Scheuchzer's. Bourguet[45]) in Neuchâtel und später Burtin[46]) in Belgien veröffentlichen stattliche Tafelwerke über Versteinerungen, deren Text jedoch wenig Belehrung bietet. Auffallend arm an Literatur über Versteinerungen ist bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts Frankreich; eine Abhandlung von Antoine de Jussieu[47]) über Steinkohlenpflanzen aus St. Chamont bei

St. Etienne erklärt die letzteren durch eine große Ueberfluthung des Meeres, welche Pflanzen aus Indien oder der neuen Welt nach Europa getragen und dort im Boden begraben habe. In einer zweiten Abhandlung beschäftigt sich Jussieu[48]) mit den Ammonshörnern, die er zwar mit dem indischen Nautilus Pompilius vergleicht, aber aus der Ammonsoase nach Europa gelangen läßt. Der Katalog von d'Argenville[49]) ist eine ziemlich werthlose Compilation; besser und vollständiger der Dictionnaire des fossiles von E. Bertrand.[50]) Diese Werke beweisen, daß es in Frankreich an Interesse für Versteinerungen nicht fehlte, wenn auch die literarische Thätigkeit weit hinter jener in Deutschland und den Nachbarländern zurückblieb, wo neben größeren Iconographieen auch Specialarbeiten über beschränktere Gruppen die Kenntniß der fossilen Organismen wesentlich förderten. Unter den Autoren dieser Kategorie verdienen Rosinus[51]), Wagner[52]), Erhart[53]) und ganz besonders Breyn[54]) und Klein[55]) rühmliche Erwähnung. In Frankreich steht denselben fast nur Guettard gegenüber, der neben seinen geologischen Arbeiten auch eine große Anzahl Abhandlungen über Versteinerungen, insbesondere über Spongien, Korallen, Crinoideen, Entomolithen (Trilobiten), Mollusken (Ammoniten, Brachiopoden, Austern 2c.) und fossile Säugethiere veröffentlichte und in scharfsinniger Weise die Fossilisationsprocesse erläuterte.

Aus der meist rein descriptiven Literatur dieser ganzen Periode ragt ein Werk[56]) durch Gelehrsamkeit, kritisches Urtheil und historische Kenntnisse des Herausgebers, sowie durch die herrliche Ausführung der Tafeln über alle anderen hervor. Den vier Foliobänden „Der Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur und Alterthümer des Erdbodens“, wovon der Nürnberger Sammler und Künstler Georg Wolfgang Knorr (geb. 1705, gest. 1761) den ersten, die übrigen nach Knorr's Ableben der Jenenser Professor J. E. J. Walch*) herausgab, hatte kein Land in jener Zeit etwas Ebenbürtiges zur Seite zu stellen. J. Walch, welcher bereits 1762 eine vortreffliche Uebersicht der damals bekannten Versteinerungen veröffentlicht hatte[57]),

*) Johann Ernst Immanuel Walch, geboren 1725 in Jena als Sohn des Professors der Philosophie, Eloquenz und Dichtkunst Joh. Georg Walch, trat 1759 an die Stelle seines Vaters, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit Mineralogie und Versteinerungskunde; besaß eine berühmte Sammlung; starb 1778 in Jena.

erläutert mit bewunderungswürdiger Sachkenntniß die auf 275 colorierten Foliotafeln abgebildeten Versteinerungen, welche aus den Sammlungen von Knorr in Nürnberg, Schmiedel in Ansbach, d'Annone in Basel, Hofmann in Maestricht und Walch in Jena herrühren. Der erste Band zeigt als Titelbild den berühmten Kalkschieferbruch von Solnhofen, dessen fossile Krebse, Fische, Crinoideen, Lumbricarien, vermischt mit Abbildungen von Dendriten, Ruinenmarmor, bildlich dargestellt sind. Die erste Hälfte des zweiten Bandes enthält Abbildungen von Conchylien (Ammoniten, Nautiliden, Gastropoden, Muscheln, Brachiopoden) und Seeigeln mit einem Text von Walch, der so ziemlich Alles enthält, was bis zum Erscheinen des Werkes über diese Versteinerungen bekannt war; in der zweiten Hälfte werden in gleicher Weise die Coralliolithen (Spongien und Korallen), die Encriniten (Crinoideen), Osteolithen (fossile Knochen), die Belemniten, Dentaliten, Vermiculiten und Balaniten behandelt. Der dritte Band beginnt mit einer Dissertation über die fossilen Hölzer, auf welche die Beschreibung einer Anzahl Steinkohlenpflanzen folgt. Der Abschnitt über die von Walch zuerst Trilobiten genannten Krebse steht hoch über allen älteren Erörterungen über diese interessanten Crustaceen. Der Rest des dritten Bandes ist der Erläuterung von Supplementtafeln gewidmet. Der vierte Band enthält eine systematische Uebersicht des in den bisherigen Bänden bearbeiteten Materials. Der gelehrte Text von Walch ist eine Fundgrube von feinen Beobachtungen; als Repertorium der älteren Literatur bleibt er eine an Vollständigkeit und Genauigkeit unübertroffene Quelle.*)

Abgesehen von diesem Werk steht die Literatur über Versteinerungen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts auf einem niedrigen

*) d'Archiac (Introduction à l'étude de la Paléontologie stratigraphique I. S. 116) fällt über das Knorr und Walch'sche Werk folgendes Urtheil: »Ainsi, non seulement les planches de l'immense travail de Walch et Knorr nous représentent prèsque tout ce qui était connu alors sur les fossiles ou les pétrifications, mais encore le texte renferme tous les documents bibliographiques ou historiques, qui s'y rapportent; il reproduit, avec un luxe prodigieux de citations précises et rigoureusement exactes, tous les faits, toutes les idées, les opinions, les théories émises depuis l'antiquité jusqu'en 1778. C'est donc un véritable monument, expression complète et fidèle de la science du temps, monument dont nous recommanderons l'étude profondie à quiconque s'occupe sérieusement de la paléontologie générale et qui y trouvera des enseignements de plus d'une sorte.«

wissenschaftlichen Niveau. Im Gegensatz zu den zielbewußten Bestrebungen der Zoologen und Botaniker, welche wenigstens die Systematik soweit gefördert hatten, daß dieselbe nur noch der durch Linné geschaffenen Nomenclatur bedurfte, um zu einem gewissen Abschluß zu gelangen und als feste Basis für weitere Forschungen zu dienen, verlor sich die Versteinerungskunde in trockene Detailbeschreibungen und in Speculationen über die Entstehung der Versteinerungen und deren Beziehungen zur heiligen Schrift. Der Gedanke, daß es sich um ausgestorbene Arten oder Gattungen handeln könne, wurde zwar hin und wieder schüchtern ausgesprochen, allein wenn man die Versteinerungen, wie z. B. die Ammoniten, Trilobiten, Crinoideen u. s. w. nicht mit bekannten lebenden Formen identificieren konnte, nahm man an, ihre „Originalien" lebten noch an unbekannten Orten oder in den unzugänglichen Tiefen des Ozeans. Man forschte eifrig nach solchen Originalien und hatte von der Bedeutung der Versteinerungen als historische Documente ebenso wenig eine Ahnung, als die Philosophen des classischen Alterthums.

Hypthesen über Erdentstehung und Erdgeschichte und Anfänge der geologischen Beobachtung.

Das rege Interesse an Mineralien und Versteinerungen und die blühende Entwickelung des Bergbaues lenkte die Aufmerksamkeit der Gelehrten allmählich auch auf die Untersuchung der Erde selbst. Allerdings übte das Montanwesen*) nur geringen Einfluß auf die

*) Schon im 6. Jahrhundert begannen Slaven in Böhmen und Mähren, die Metallschätze des Erzgebirges auszubeuten, und von da breitete sich im 8. Jahrhundert der Bergbau auch auf Schlesien aus; 920 wurden die Kupferschiefer bei Frankenberg in Hessen und 935 die Erze des Rammelsbergs entdeckt. Im 11. Jahrhundert entwickelte sich der Bergbau in Ungarn und auf dem Oberharz, im 12. Jahrhundert in Sachsen, bei Mansfeld, im Thüringerwalde, in den Niederlanden, in Tyrol u. s. w.; im 13. Jahrhundert begann man zu Wielitzka nach Steinsalz, in den Niederlanden nach Galmey und zu Fahlun in Schweden nach goldhaltigem Kupfer zu graben; im 14. Jahrhundert blühten die Amalgamationen in Böhmen, der Eisenhüttenbetrieb in Schlesien und Sachsen und der Goldbergbau im Fichtelgebirge; das 15. Jahrhundert eröffnete den Bergbau des Unterharzes (1490), in Tyrol bei Rattenberg (1409), in Krain bei Idria (1497). Ein solcher fast 1000 jähriger, vielartiger Bergbau auf fast alle Metalle, der zugleich die verschiedenartigsten Hüttenprocesse bedingte, konnte gar nicht statthaben ohne technische, bergrechtliche, mineralogische und selbst

geologischen Anschauungen aus, denn es fehlte dieser Technik lange Zeit hindurch jede Literatur. In den gelehrten Kreisen der Naturkundigen machten sich bald zwei Richtungen geltend, die auf gesonderten Wegen neben einander hergingen. Die eine forschte auf empirischem Wege nach der Zusammensetzung der Erdveste und nach den an ihrer Oberfläche vorgehenden Veränderungen. Sie beschränkte sich entweder mit der einfachen Constatierung von Thatsachen oder suchte aus diesen Anhaltspunkte zu theoretischen Folgerungen zu gewinnen. Die andere Richtung begnügte sich mit einem Minimum von thatsächlichem Material und erklärte auf speculativem Wege die Vergangenheit und Zukunft der Erde. Derartigen Versuchen kommt selbstverständlich kein höherer Werth zu, als den geogenetischen Phantasieen der Naturphilosophen des classischen Alterthums. Wasser und Feuer galten auch im späteren Mittelalter als die treibenden und gestaltenden Kräfte bei der Erdentwickelung und so kehren in mehr oder weniger veränderter Gestalt die Anschauungen der Alten in den neueren Erdtheorieen wieder. Ungenügende Bekanntschaft mit dem Bau der Erdkruste, mangelhafte Kenntniß der physikalischen und chemischen Gesetze und Befangenheit in theologischen Ueberlieferungen stellten der Entfaltung naturgemäßer Anschauungen über Erdentstehung und Erdentwickelung fast unüberwindliche Hindernisse in den Weg.

Zu den Vorkämpfern einer vernünftigen empirischen Methode gehört auch hier wieder Lionardo da Vinci.[1]) Nicht nur in der richtigen Beurtheilung der Natur und Entstehung der Versteinerungen erwies sich der große Künstler als wahrer Naturforscher; er würdigte auch die Wirkungen des fließenden Wassers als umgestaltenden Factor der Erdoberfläche; er zeigte, wie Flüsse Thäler ausfurchen und Terrassen von Geröll ablagern und wie in feinem Schlamm an den Mündungen von Flüssen Pflanzen und Thiere begraben werden, die

geognostische Kenntnisse; diese waren aber alle nur individuell, wurden nicht aufgeschrieben und veröffentlicht, um so mehr, da die Slaven mit der Feder wenig Bescheid wußten... Jene Zeit des Mittelalters ist eben besonders charakterisiert durch die Scheidewand, die zwischen dem Techniker und Gelehrten bestand; jener betrieb Gewerbe und betrachtete die Natur, schrieb aber nicht; dieser, meist Theolog oder Philolog, kannte nur seine lateinischen und griechischen Bücher, die er übersetzte, aus denen er compilierte, ohne selbst zu sehen, zu beobachten und sich um Natur und Technik zu kümmern. Vgl. Keferstein Ch., Geschichte und Literatur der Geognosie. Halle 1840. S. 2 und 3.

dann versteinern und später mit den erhärteten Schichten aus dem Meer emporsteigen.

Ein anderer Empiriker Agricola (vgl. S. 17) steht noch stark unter dem Einfluß der classischen Literatur; doch benützt er dieselbe mit Kritik und bietet in seinen Schriften de ortu et causis subterraneorum und de natura eorum quae effluunt e terra werthvolle Beobachtungen und Betrachtungen über kalte und warme Quellen, über Erdbeben, thätige und erloschene Vulkane, vulkanische Gesteine, Wirkungen des fließenden Wassers und über Bewegungen in der Atmosphäre. Von geogenetischen Speculationen hält sich Agricola vollständig fern.

Zu den ältesten und scharfsinnigsten Vertretern der philosophierenden Richtung gehört der im Jahr 1600 in Rom als Ketzer verbrannte Giordano Bruno.[58]) Er hält die Erde für einen kugelartigen Körper, auf welchem die Tiefe der Meere die Höhe der Gebirge übertrifft. Letztere verhalten sich zur Größe der Erde wie die Runzeln eines vertrocknenden Apfels. Eine allgemeine Sintfluth hat es nach Giordano Bruno niemals gegeben, wohl aber fanden Umsetzungen von Festland und Meer mehrfach statt. Vulkane und Thermen sind Erscheinungen, die mit Vorgängen im Erdinnern in Verbindung stehen und zwar beweist die Lage der Vulkane am Rande der Meere eine Einwirkung des Wassers auf das Erdinnere.

In höherem Ansehen als G. Bruno, dessen Ideen von seinen Zeitgenossen nicht verstanden wurden, stand der gelehrte und vielseitige Jesuit Athanasius Kircher, der Stifter des Museum Kircherianum in Rom.*) Auf Reisen nach Sizilien, Malta, den liparischen Inseln und Neapel hatte er Gelegenheit, den Aetna, den Stromboli und den Vesuv kennen zu lernen; auch wohnte er dem furchtbaren calabrischen Erdbeben vom Jahre 1638 als Augenzeuge bei. Sein berühmtes

*) Kircher Athanasius, geboren 2. Mai 1602 zu Geisa bei Eisenach, gestorben 1680 in Rom, wurde im Jesuitengymnasium von Fulda erzogen und trat 1618 zu Paderborn dem Jesuitenorden bei. Er beschäftigte sich mit orientalischen Sprachen, Mathematik und Physik und wurde 1630 Professor in Würzburg. Bei Herannahen der Schweden flüchtete er 1633 nach Avignon und kam darauf als Lehrer der Mathematik an das Collegium Romanum in Rom, wo er eine ansehnliche Sammlung von Naturalien anlegte, die noch jetzt daselbst aufbewahrt wird und im Jahre 1709 von Bonanni (Museum Kircherianum) ausführlich beschrieben wurde. Kircher's alle erdenklichen Wissensgebiete berührenden Schriften wird Kritiklosigkeit und Unzuverlässigkeit vorgeworfen.

Werk Mundus subterraneus[9]) beginnt mit dem Erdcentrum, der Schwerkraft, der Gestalt und Beschaffenheit von Sonne, Mond und Erde. Ein besonderes Buch (liber III) behandelt die Hydrographie, ein anderes (Pyrologus) das Erdinnere, die Vulkane und die Winde. Kircher nimmt an, daß im Erdinnern zahlreiche brennende Herde (Pyrophylacien) existierten, welche mit den thätigen Vulkanen in Zusammenhang stehen und ebenso wird in einem merkwürdigen Bild die Vertheilung der unterirdischen, vielverzweigten Gewässer dargestellt. Die Hydrophylacien, mit Wasser gefüllte Hohlräume, werden vom Meer gespeist und senden in zahlreichen Aesten und Verzweigungen ihr Wasser an die Oberfläche; sie werden theilweise durch die Pyrophylacien erwärmt und treten dann als Thermen zu Tage. Eine Aufzählung sämmtlicher dem Verfasser bekannter Vulkane und Thermen, eine Beschreibung des Vesuvs und des Aetna mit chronologischer Angabe ihrer Eruptionen, sowie eine Zusammenstellung der versunkenen oder aus dem Meere aufgetauchten oder durch Sedimente neugebildeter Festlandtheile bieten allgemeines Interesse, wenn auch die Abbildungen des Vesuvs, des Aetna und die Karte der versunkenen Insel Atlantis zwischen Europa und Nordamerika keinen vertrauenswürdigen Eindruck machen. Bezüglich der Entstehung und Speisung von Quellen, Flüssen und Seen folgt Kircher im Wesentlichen dem Aristoteles an. Die Abschnitte (Libri) VI, VII und VIII, welche von der Zusammensetzung der Erde handeln, bieten keineswegs, wie man erwarten sollte, eine Beschreibung der verschiedenen Gesteine, sondern verbreiten sich weitläufig über die in der Erde vorhandenen Salze, über die Beschaffenheit und den Nutzen von Sand, Thon, Ackererde u. s. w. Die Entstehung der festen Gesteine wird einer der Erde innewohnenden vis lapidifica zugeschrieben, welche die verschiedenen Elemente verbindet, erhärtet und ihnen zuweilen durch den Spiritus architectonicus oder plasticus sehr verschiedenartige Gestalt verleiht. Diesem letzteren verdanken namentlich die Krystalle, Edelsteine, Stalaktiten und Versteinerungen ihre Form; letztere ahmen zuweilen jene von Gestirnen, Schriftzeichen, menschlichen und thierischen Gestalten nach. Als Beispiele von Figurensteinen werden eine Anzahl von Abbildungen geboten, die entweder als Ausgeburten einer erhitzten Phantasie oder geradezu als Fälschungen bezeichnet werden müssen. Für Kircher sind nicht nur die meisten Versteinerungen, sondern auch die fossilen Knochen und Zähne durch die vis lapidifica und den

spiritus plasticus erzeugt, dagegen nimmt er für versteinerte Fische, fossiles Holz, Blattabdrücke, Lignit, sowie für gewisse Muscheln und Schnecken eine organische Grundlage an. Historische Bedeutung haben diese Reste freilich für Kircher nicht. Der biblische Schöpfungsbericht genügt ihm vollständig. Es wird darum auch kein Versuch gemacht, die Entstehung der Erdkruste, der Festländer, Meere und Berge zu erklären. Wie befangen in Vorurtheilen und wie weit entfernt vom heutigen Standpunkt der Wissenschaft Kircher war, beweist unter Anderem auch das Kapitel über die in unterirdischen Tiefen lebenden Fische, Kröten, Mäuse, Maulwürfe, Drachen und Dämonen.

Bemerkenswerth ist das 10. Buch, welches das Vorkommen und die Verarbeitung der Metalle erörtert. Hier erzählt Kircher, er habe durch Vermittelung von Jesuiten in Neusohl mehreren ungarischen Bergleuten verschiedene Fragen vorgelegt. Eine dieser Fragen bezog sich auf die Hitze und Kälte in Bergwerken, ob die Wärme mit der Tiefe zunehme und ob man unterirdisches Feuer bemerke. Aus Schemnitz kam die Antwort, bei guter Ventilation sei weder besondere Hitze, noch Kälte zu bemerken, bei spärlichem Luftzutritt seien aber die Gruben immer warm. Der Bergbeamte Johann Schapelmann in Herrngrund berichtete: die Temperatur steige in trockenen Bergwerken stets nach der Tiefe; wo Wasser zusitze sei die Wärme geringer, am heißesten seien solche Strecken, in denen Markasit vorkomme. Es sind dies die ersten Mittheilungen über die regelmäßige Temperaturzunahme nach der Tiefe.

Kircher's Mundus subterraneus[9]) ist trotz seiner großen Schwächen ein Werk von hervorragender Bedeutung und verdient als erster Versuch einer physicalischen Erdbeschreibung besondere Beachtung. An kritischer Schärfe und methodischer Klarheit wird Kircher allerdings von Varenius weit übertroffen, dessen Geographia generalis (1672) mit Recht als Fundamentalwerk der Geophysik geschätzt ist.

Zu den Forschern, welche auf inductivem Wege die Entstehung der Gesteine und die Veränderungen der Erdkruste kennen zu lernen versuchten, gehört in erster Linie der in Italien wirkende Däne Nikolaus Steno.*) Aus der Untersuchung des Bodens von Toscana

*) Nikolaus Steno (Stenson oder Steen), geboren 1638 zu Kopenhagen, studierte in seiner Vaterstadt und in Paris Medicin und Anatomie und ließ

folgert dieser seiner Zeit weit voraus eilende Mann, höchst bemerkenswerthe Schlüsse. Seine Schrift: De solido intra solidum naturaliter contento[26]) wurde zuerst (1669) in Florenz veröffentlicht und sollte nur der Prodrom eines größeren Werkes sein, das jedoch niemals erschien. Obwohl das Steno'sche Büchlein 1679 in Leyden nachgedruckt wurde, ist es doch eine bibliographische Seltenheit geworden und fast nur durch eine 1832 von Elie de Beaumont[59]) verfaßte französische Uebersetzung bekannt.

Den Ausgangspunkt von Steno's naturwissenschaftlichen Untersuchungen bildet die Vergleichung der fossilen, in Toscana häufig vorkommenden Haifischzähne mit solchen von lebenden Haien, woraus er schloß, daß diese sowie andere fossile Reste von Muscheln und Schnecken wirklich Ueberbleibsel einer untergegangenen Fauna darstellten. Steno beschäftigt sich sodann mit den Wirkungen der Gewässer und mit der Entstehung von Gesteinsschichten, die darin niedergeschlagen werden. Er zeigt, daß der pulverförmige Stoff der Schichten ursprünglich in einer Flüssigkeit aufgeschlämmt war und sich alsdann nach dem Gesetz der Schwere ablagerte. Wenn die einzelnen Theilchen einer Schicht von gleicher Beschaffenheit und sehr fein sind, so wurden sie von einer Flüssigkeit abgesetzt, welche ursprünglich die ganze Erde bedeckte. Findet man dagegen in einer Schicht Bruchstücke von anderen Gesteinen oder Ueberreste von Thieren und Pflanzen, so darf man solche Schichten nicht mit denen verwechseln, welche sich anfänglich aus der primitiven Flüssigkeit niederschlugen und vor der Existenz von Pflanzen und Thieren gebildet wurden. Aus den Spuren von Salz, Ueberresten von Seethieren und Schiffsplanken kann man schließen, daß das Meer gewisse Schichten gebildet habe; andererseits bezeichnen Binsen, Gräser und Baumstämme Ablagerungen von süßem Wasser. Kohlen, Asche, Bimsstein,

sich nach umfangreichen Reisen in Holland, Frankreich und Deutschland in Padua nieder; wurde als Leibarzt des Großherzogs Ferdinand's II. nach Florenz berufen und war später Erzieher der Söhne von Kosmos III. Auf eine Einladung Christian's V. siedelte er 1672 als Professor der Anatomie nach Kopenhagen über, erlitt jedoch dort wegen seines früheren Uebertrittes zur katholischen Kirche mancherlei Anfeindung und kehrte darum bald wieder nach Florenz zurück. Er lebte später als apostolischer Generalvikar für Niedersachsen in Hannover, Münster, Hamburg und zuletzt in Schwerin, wo er am 25. November 1687 starb. Seine Leiche wurde auf Befehl des Großherzogs Kosmos' III. nach Florenz überführt und in der Kathedrale von S. Lorenzo beigesetzt.

Erdpech und verbrannte Körper beweisen, daß in der Nähe der gesteinsbildenden Flüssigkeit ein Brand stattgefunden habe.

Besitzen alle Schichten einer bestimmten Oertlichkeit gleiche Zusammensetzung, so hat die Flüssigkeit, welche sie niederschlug keine Gewässer von anderer Zusammensetzung aufgenommen, dagegen beweist ein Wechsel im Gesteinsmaterial entweder, daß Flüssigkeiten von abweichender Beschaffenheit in verschiedener Zeit und von verschiedenen Orten zusammengeflossen sind, oder es fanden sich Stoffe von verschiedenem specifischen Gewicht in derselben Flüssigkeit, wobei sich die schwereren zuerst niederschlugen. Solche Erscheinungen können durch heftige Regengüsse oder durch den Wechsel der Jahreszeiten erklärt werden.

Ueber die Lagerung der Schichten lassen sich nach Steno folgende sichere Sätze aufstellen:

1. Jede Schicht konnte sich nur auf einer festen Unterlage bilden, es mußte darum
2. die untere Schicht schon fest geworden sein, ehe sich eine obere darauf niederschlug,
3. eine Schicht mußte durch einen anderen festen Körper begrenzt sein oder die ganze Erde bedecken.
4. Wenn eine Schicht sich bildete, so war darüber nur Flüssigkeit und deshalb konnte noch keine der oberen Schichten vorhanden sein, als die unterste entstand.

Alle Schichten mit Ausnahme der untersten sind von zwei parallelen Ebenen eingeschlossen, welche ursprünglich horizontal waren. Findet man geneigte oder senkrechte Schichten, so müssen sie nachträglich entweder durch unterirdische Stöße oder durch Auswaschung und Zusammenbruch aus ihrer Lage gebracht worden sein. Bei solchen Einbrüchen blieben einzelne Schichten horizontal, andere stellten sich schief oder aufrecht und wieder andere krümmten sich im Bogen. Man kann daraus die Ungleichheiten der Erdoberfläche, die Entstehung der Berge und Thäler, der Hochebenen und Niederungen erklären. Gebirge können aber auch durch die von innen nach außen gerichtete Wirkung des unterirdischen Feuers entstehen, welches Asche und Felsstücke vermischt mit Schwefel und Erdpech ausspeit. Ebenso tragen Regen und Bäche durch Abschwemmung der gelockerten Erdschichten zur Entstehung von Unebenheiten bei. Es gibt somit zweierlei Arten von Gebirgen: solche welche aus Schichten und solche welche

aus zerbröckelten Fragmenten zusammengesetzt sind; dieselben sind allmählich geworden und haben nicht seit dem Ursprung aller Dinge existiert.

Nach diesen Bemerkungen über die Entstehung der Schichten, Gesteine und Gebirge verbreitet sich Steno auch über den Ursprung der Quellen, Thermen, Erzgänge und der in letzteren vorkommenden Mineralien. Die Erze und Mineralgänge erklärt Steno als Ausfüllungen von Spalten, die bei den Einbrüchen der Erdkruste entstanden waren. Im Schlußkapitel versucht Steno die Veränderungen zu schildern, welche der Boden von Toscana im Verlaufe der Zeit durchgemacht hat. Er unterscheidet sechs Perioden, welche er in Uebereinstimmung mit der Ueberlieferung der heiligen Schrift zu bringen sucht. In der ersten Periode war Toscana und die ganze Erde mit Wasser bedeckt und setzte die primitiven, aus gleichartigem Material bestehenden, versteinerungslosen Gesteinsschichten ab. In der zweiten Periode liefen die Gewässer, wie die Bibel erzählt, ab und die Erde war trocken und eben. Die dritte Periode ist ausgezeichnet durch die Entstehung von Unebenheiten, von Bergen und Thälern, doch berichten weder Natur noch heilige Schrift, wann diese Periode anfing und ob die damaligen Berge und Thäler dieselben waren, wie die heutigen. In der vierten Periode bedeckte die Sintfluth wieder das ganze Land und hinterließ auf den Bergen Sedimente und Versteinerungen. Die Ueberfluthungen konnten verursacht sein entweder durch eine Veränderung des Centrums der Schwerkraft oder durch eine unterirdische hervorbrechende Wassermasse, oder, was wahrscheinlicher, durch ein Anschwellen des Meeres in Folge der Vermischung mit den unterirdischen ausbrechenden Gewässern und dem Regen. Während der Sintfluth wurden auch die tiefen Thäler ausgefurcht. In der fünften Periode war die Erde trocken und mit weiten Ebenen versehen; die Flüsse trugen große Mengen von Sediment ins Meer und erzeugten neues Land (Beispiel, das Nildelta). In der letzten und sechsten Periode wandelten sich die Ebenen durch Wassererosion und durch Feuer in Thäler und Berge um, die heutige Oberflächengestaltung vollzog sich in 4000 Jahren, die Atlantis versank, das Mittelmeer wurde vom atlantischen Ozean getrennt u. s. w. Die speciellere Geschichte von Toscana wird schließlich durch sechs schematische Diagramme, die ältesten Versuche geologischer Profile, erläutert.

S t e n o ist der erste Forscher, welcher geologische Probleme auf inductivem Wege zu lösen versuchte und zugleich eine klare Vorstellung

davon hatte, daß die Geschichte der Erde aus ihrer Zusammensetzung und ihrem Aufbau ermittelt werden könne. Für die Entwickelung der Geologie blieben leider die Schriften dieses scharfsinnigen Forschers ohne jegliche Bedeutung; sie wurden von den Zeitgenossen kaum beachtet, geriethen in Vergessenheit und fanden erst in diesem Jahrhundert durch Elie de Beaumont und Alexander von Humboldt die verdiente Anerkennung.

Der Sintfluth hatte Steno, wohl aus Rücksicht auf die kirchlichen Anschauungen seiner Zeit, noch eine große Bedeutung für die Erdgeschichte zugeschrieben. Dieser Annahme tritt Quirini[60]) mit Entschiedenheit entgegen. Er bezweifelt die Herkunft der Versteinerungen durch eine universelle Sintfluth, weil schwere Conchylien nicht durch das Meer oder Ueberschwemmungen auf hohe Berge getragen werden könnten; auch hätten Meerthiere nicht in den Gewässern der Sintfluth leben können, da letztere nach dem mosaischen Bericht ja nur kurze Zeit gedauert habe und überdies das Salzwasser durch die Regengüsse hätte ausgesüßt werden müssen. Aus all' diesen Gründen hält es Quirini für wahrscheinlich, daß sich die Versteinerungen im Boden selbst und zwar aus Keimen entwickelt haben, welche überall in den Gesteinen vertheilt seien.

Cartesius[61]) erklärte die Erde, wie alle übrigen Weltkörper, als zusammengeballte und in wirbelnder Bewegung befindliche Urmaterie. Ursprünglich waren alle Sterne, Planeten und Trabanten glühende Sonnen. Bei der Abkühlung umgab sich die Erde mit einer starren Rinde, unter welcher das Centralfeuer fortbrannte. Die gröberen und schwereren Urbestandtheile der Erde sammelten sich um das Centrum, die leichteren und weniger rauhen in den äußeren Regionen und bildeten die aus metallischen, salzigen und wässerigen Theilen bestehende Rinde. Durch das Zusammenbrechen der Rinde entstanden Festländer, Meere, Gebirge und Thäler. Die vulkanischen Erscheinungen und die Ausfüllung von Spalten durch Mineralien und Metalle erklären sich aus dem heißen Erdinnern.

Aehnlich wie Cartesius betrachtet auch G. F. Leibniz in seiner Protogaea[62]) die Erde als eine aus flüssiger Materie entstandene Kugel. Die Ursache des flüssigen Zustandes war die Hitze. Zuerst erfolgte die Trennung des Lichtes von der Finsterniß d. h. der thätigen Stoffe von den unthätigen. Aus letzteren schied sich nach dem Grade

der Widerstandsfähigkeit und Festigkeit das Flüssige von dem Trockenen. Die Wärme blieb im Erdinnern aufgespeichert, von wo sie zuweilen noch hervorbricht. An der Oberfläche sammeln sich die aus geschmolzener Masse ausgeschiedenen Schlacken und bilden dunkle Flecken; nach und nach entsteht eine zusammenhängende, schlackige und glasige Kruste mit zahlreichen Hohlräumen. Die Erde wandelte sich somit aus einer selbstleuchtenden Sonne in einen dunkeln Planeten um. Wasser und Luft bildeten anfänglich eine Dunsthülle um den heißen Erdball. Bei allmählicher Abkühlung schlug sich das Wasser nieder und entzog dem Boden salzige Bestandtheile. Der Druck des Wassers auf die Erdkruste und die Spannung der in den Hohlräumen eingeschlossenen Dämpfe verursachten große Spalten, in welche das Wasser eindrang, so daß ein Theil der Erdoberfläche als trockenes Land aus dem Urmeer hervorragte. Das Zusammentreffen des Wassers mit dem heißen Erdinnern rief einen heftigen Kampf hervor, durch welchen viele Gebirgsschichten umgestürzt und große Wasserfluthen erzeugt wurden. Dieser noch nicht völlig beendigte Kampf äußert sich bis heute in Vulkanen und Erdbeben. Neben diesen allgemeinen, keineswegs immer sehr klar ausgesprochenen Gedanken, beschäftigt sich die Protogaea auch mit dem Vorkommen und der Entstehung von Metallen, Mineralien, Stalaktiten und in ausführlicher Weise mit fossilen Fischen, Conchylien, Fischzähnen, Belemniten und Knochen, wobei sich Leibniz meist auf die vorhandene Literatur, namentlich auf Agricola und Lachmund stützt und eine Anzahl in Hannover, Braunschweig und im Kupferschiefer vorkommender Versteinerungen abbildet. Leibniz tritt mit Entschiedenheit für die organische Natur der letzteren ein. Bemerkenswerth ist die Abbildung eines fabelhaften Thieres, des Einhorns (Monoceras), das nach Otto v. Gerike 1603 am Zeunickenberg bei Quedlinburg ausgegraben aber größtentheils sofort zerstört worden sei. Im Allgemeinen lehnt sich die Protogaea des großen und vielseitigen Denkers in den Grundideen an Cartesius an und unterscheidet sich in vielen Fragen nicht wesentlich von den literarischen Erzeugnissen seiner Zeitgenossen. Die Protogaea ist die Frucht einer vorübergehenden Beschäftigung mit den Bergwerken und den mineralischen Naturproducten des Harzes, wozu Leibniz durch seine amtliche Stellung in Hannover veranlaßt worden war.

Hatte schon Leibniz großen Werth darauf gelegt, daß seine Erdtheorie nicht in Conflict mit dem mosaischen Schöpfungsbericht gerieth,

so machte sich in England der Wunsch, Bibel und Erdgeschichte in völligen Einklang zu bringen, noch viel entschiedener geltend.

Thomas Burnet[31]) läßt unseren Weltkörper aus einem chaotischen nach und nach zu einer Kugel verdichteten Gemenge von Erde, Wasser, Oel und Luft hervorgehen, worin sich die einzelnen Bestandtheile nach ihrer Schwere ordneten. Um den Mittelpunkt bildeten die schwereren Erdtheile den festen Kern. Diesen umgab eine Wasserhülle, auf deren Oberfläche sich die öligen Theile ansammelten. Das Ganze war vom Luftkreis umgeben; die darin enthaltenen feinen Erdtheilchen fielen nieder, mischten sich mit dem Oel und bildeten eine fette Bodenschicht, worin Pflanzen, Thiere und Menschen ihre Nahrung fanden. Die Erde hatte damals noch ovale Gestalt; alles Wasser war unter der oberen fruchtbaren Schicht verborgen; die Erdaxe stand senkrecht, in gleicher Ebene mit der Erdbahn und so gab es keinen Wechsel der Jahreszeiten, keine Meere, keine Berge, keine Flüsse, keine Stürme. Nur an den Polen regnete es, aber das Wasser verlief in das Erdinnere. Die aufsteigenden Dünste der unteren Wasserschicht lieferten reichliche Feuchtigkeit zur Ernährung von Pflanzen und Thieren. 1600 Jahre dauerte dieser paradiesische Zustand, bis die obere fruchtbare Schicht von der Sonne so ausgetrocknet war, daß sie große Spalten und Risse erhielt. Nun erhitzte sich auch das Wasser in der Tiefe; Dünste stiegen auf, zersprengten die Erdschicht und vermischten sich mit der Lufthülle. Es entstanden fürchterliche Stürme, Gewitter und Regenströme. Die Erdrinde brach zusammen und versank theilweise in den Abgrund. Stücke von verschiedener Größe fielen ohne Ordnung übereinander und bildeten Gebirge, Thäler und Inseln. Während dieser Katastrophe, der Sintfluth, fanden Pflanzen, Thiere und Menschen ihren Untergang. Darauf wurde der jetzige Zustand der Erde hergestellt, der jedoch kein dauernder ist, sondern in einer allgemeinen Conflagration sein Ende finden wird. Es entsteht sodann ein zweites Chaos und auf dieses folgt das goldene Zeitalter.

Obwohl Burnet sich nach Kräften bemüht hatte, jeden offenen Widerspruch mit der Bibel zu vermeiden, wurde er doch der Ketzerei beschuldigt. Sein etwas jüngerer Zeitgenosse, John Woodward*),

*) John Woodward, geboren 1665 in der Grafschaft Derby, erhielt seine medicinische Ausbildung durch einen praktischen Arzt in Gloucester, wurde

suchte sich besser mit den Theologen und dem mosaischen Schöpfungsbericht abzufinden. Sein berühmtes Werk [30]) bespricht im ersten Theil das Vorkommen von Versteinerungen, Mineralien, Gesteinen und Metallen, wovon er ein reiches Museum besaß, das noch jetzt in der Universität Cambridge aufbewahrt wird. Er tritt mit großer Entschiedenheit der damals verbreiteten Meinung entgegen, wonach die Versteinerungen als Naturspiele oder dergleichen zu betrachten seien, aber trotz seiner reichen Erfahrung und seines treffenden Urtheils über vereinzelte Naturerscheinungen führte ihn sein Bemühen, alle beobachteten Thatsachen mit der heiligen Schrift in Uebereinstimmung zu bringen, zu höchst wunderlichen Hypothesen. Die Versteinerungen sind nach Woodward zwar unzweifelhaft Reste von Pflanzen und Thieren, aber nicht an der Stelle, wo sie lebten in den Boden gelangt, sondern durch eine, die ganze Erdoberfläche zerstörende Sintfluth zerstreut worden. Vor derselben besaß die Erde eine vielfach gegliederte, mit Bergen, Thälern, Ebenen, Flüssen, Seen und Meeren versehene Oberfläche. Wasser und Land waren von Thieren und Pflanzen bevölkert, die sich nicht von den jetzt lebenden unterschieden. Das Innere der Erde war mit Wasser erfüllt. Während der Sintfluth zerbarst die Küste, das Wasser brach mit furchtbarem Ungestüm aus dem Abyssus hervor und stieg über die höchsten Berge. Es löste alle Erdtheile auf, ließ jedoch den Schalthieren, Krustern, Knochen und Metallen ihre ursprüngliche Gestalt. Nachdem die Wässer wieder ruhiger geworden, fielen die aufgelösten Theile zu Boden und es bildeten sich die Gebirgsschichten nach dem Gesetze der Schwere. Auch die Versteinerungen und Mineralien wurden nach ihren Gewichten vertheilt. In die tieferen Schichten gelangten alle Metalle, die Mineralien, Concretionen, Marmore und schwereren Versteinerungen; in die Kreide die leichteren Conchylien und Seeigel und in die oberflächlichen Sand-, Thon- und Erdschichten die Knochen von Menschen, Vierfüßlern und Fischen, die Schalen von Land- und Süßwasserconchylien und Pflanzen. Das postdiluvianische Zeitalter wurde durch keine heftigere Katastrophe mehr gestört; nur die leichteren auf den Bergen befindlichen Theile wurden von den Regengüssen

1692 Professor am Gresham College in London, starb 1722. Seine reiche Sammlung und Bibliothek vermachte er der Universität Cambridge. Zu den heftigsten literarischen Gegnern Woodward's gehörte der Tübinger Professor Elias Camerarius.

und Gewässern in tiefer gelegene Gegenden geschwemmt und die in der Erde aufgespeicherten Nährstoffe für Pflanzen und Thiere zum Nutzen der Menschen allerwärts vertheilt.

Noch sonderbarer sind die geogenetischen Phantasieen[32]) William Whiston's.*) Angeregt durch die Erscheinung des großen Kometen vom Jahre 1680 nimmt er an, auch die Erde sei ursprünglich ein Komet gewesen. In der Sonnennähe war sie zu einer festen Masse zusammengeschmolzen, worin sich während der Abkühlung die verschiedenen Stoffe nach der Schwere ordneten. Die schweren Erdtheile bildeten einen festen Kern, auf welchem sich die weniger dichten Theile auflagerten, darüber kommt Wasser und zuletzt Luft. Viel Wasser wurde auch in der Tiefe im festen Gestein eingeschlossen (Quellen) und Theile der erstarrten Masse ragten als Berge aus dem Wasserspiegel hervor. Das Paradies befand sich in der südlichen Hemisphäre unter dem Wendekreis des Steinbock. Eine Axendrehung der Erde gab es in dieser Zeit noch nicht. Es begann die Schöpfung. Nach dem Sündenfall fing die Erde an, sich um ihre Axe zu wälzen. Der Erdkörper gab aus dem Innern Wärme ab und veranlaßte dadurch ein üppiges Gedeihen von Pflanzen und Thieren, aber auch eine Erhitzung der Leidenschaften, wovon nur die Wasserbewohner frei blieben. Am 18. November 2349 v. Chr. stand ein großer Komet über dem Aequator, berührte mit seinem Schweife einige Stunden lang die Erde, schüttete ungeheuere Wassermassen aus und gleichzeitig ergossen sich die unterirdischen Gewässer über die Oberfläche. Die Sintfluth brach an und vernichtete Pflanzen, Thiere und Menschen.

Joh. Jac. Scheuchzer hatte auf seinen Wanderungen in der Schweiz nicht nur geographischen, zoologischen und botanischen Fragen seine Aufmerksamkeit zugewandt, sondern auch eifrig Versteinerungen und Mineralien gesammelt und Beobachtungen über den geologischen Bau der Gebirge gemacht. Einige Profile aus der Gegend des Vierwaldstätter-Sees sind die ältesten, nach der Natur entworfenen und

*) William Whiston, geboren 1866, war 1695 Kaplan des Bischofs von Norwich und wurde 1701 auf Newton's Veranlassung Professor der Mathematik in Cambridge Mehrere ketzerische Schriften veranlaßten 1710 seine Entfernung von der Universität. Der geistreiche, phantastische Mann fand jedoch viele Bewunderer und seine Erdtheorie erlebte in kurzer Zeit sechs Auflagen. Er starb 1753.

nicht idealisirten bildlichen Darstellungen über Gebirgsbau und Schichtenbiegungen. Ueber die mineralogische Zusammensetzung, Anordnung und Lagerungsverhältnisse der Gesteine und über die Vertheilung der Versteinerungen in denselben gewähren jedoch die zahlreichen und voluminösen Werke Scheuchzer's ebenso wenig Aufschluß, als die seiner Vorgänger und Zeitgenossen.

Der berühmte Zoologe John Ray[63]) steht im Wesentlichen auf dem Standpunkt Woodward's. Er betont die große Bedeutung des fließenden Wassers für die Umgestaltung der Erdoberfläche und nimmt außerdem gewaltige, von Zeit zu Zeit aus der Tiefe hervorbrechende Wasserfluthen in Anspruch, um die Verwüstungen auf der Erde zu erklären. Nüchternere Anschauungen vertritt der Physiker Rob. Hooke.[29]) Er will nichts davon wissen, daß die Versteinerungen durch die Sintfluth in den Boden gelangten, sondern nimmt abwechselnde Hebungen und Senkungen des Bodens an, wodurch schon lange vor der Sintfluth Theile der Erdoberfläche vom Meer bedeckt und mit Ueberresten von Meerthieren erfüllt wurden.

In Italien unterscheiden sich Antonio Vallisneri*) und Lazzaro Moro im Anfang des 18. Jahrhunderts vortheilhaft von der Mehrzahl ihrer, phantastischen Theorien nachjagenden, Zeitgenossen. Der vielseitige Vallisneri[64]) sucht zu beweisen, daß die Versteinerungen, deren organischer Ursprung ihm nicht zweifelhaft erscheint, unmöglich durch eine einmalige Ueberschwemmung von süßem Wasser in die Erdschichten gelangt sein können. Er verzichtet auf eine Erklärung der Sintfluth, hält dieses Ereigniß für ein unbegreifliches Wunder, dem aber keineswegs die Entstehung der verschiedenen Schichten der Erdkruste oder die Berge und Inseln zugeschrieben werden dürften; er begünstigt vielmehr die schon von Strabo vertretene Ansicht, daß das Meer in früheren Perioden öfters Theile des Festlandes längere Zeit überfluthet und Ueberreste von Muscheln und anderen Seethieren in den Schichten hinterlassen habe. Vallisneri zeigt ferner, daß marine Ablagerungen nicht nur in Italien zu beiden Seiten des Apennin eine weite Verbreitung besitzen, sondern daß auch die Schweiz, Deutschland, England, Holland und andere Länder zeitweilig vom Meer bedeckt gewesen seien. Beispiele von Hebungen

*) Vallisneri ist 1661 in Rocca di Trasilico geboren; studierte in Bologna, wurde später Professor der Medicin in Padua; starb 1730.

und Senkungen des Bodens werden aufgezählt, ein ausführlicher Bericht über die im Jahre 1707 bei Santorin entstandene Insel mitgetheilt, und auf Veränderungen in der Gegend von Pozzuoli hingewiesen.

Der gelehrte Abt Antonio Lazzaro Moro (geb. 1687 in San Vito, gest. 1740) bekämpft energisch und vielfach mit den Argumenten Vallisneri's die Ansichten von Burnet, Woodward und Leibniz. Mehr als die Hälfte seines umfangreichen Werkes[65]) ist der Widerlegung der beiden ersten Autoren gewidmet. Die eigene Erdtheorie Moro's knüpft an die Entstehung der vulkanischen Insel Santorin (im Jahre 1707) an. Das Emporsteigen dieser Insel aus dem ägäischen Meer war von Monate langen Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen begleitet. Großes Gewicht legt Moro darauf, daß die aus dem Wasser auftauchenden Felsen anfänglich mit großen Austern bedeckt waren, die später durch vulkanische Auswürflinge verschüttet wurden. Es folgt sodann ein Bericht über die Entstehung des Monte Nuovo bei Neapel; darauf größtentheils nach Paragallo eine Aufzählung sämmtlicher Ausbrüche des Vesuvs vom Jahr 79 n. Chr. bis 1737 und endlich eine Geschichte der Ausbrüche des Aetna. Die marinen Thiere oder Pflanzen, deren Ueberreste sich in den Bergen finden, sind nach L. Moro da geboren, wo man sie jetzt antrifft und die Berge selbst, sammt ihren organischen Resten durch vulkanische Kraft aus dem Meere emporgehoben. Ueberhaupt sind alle Inseln, Continente und Berge in dieser Weise entstanden. Unter den Bergen unterscheidet Moro die ursprünglichen (primarii), welche aus gleichmäßiger Gesteinsmasse zusammengesetzt sind, von den secundären, die aus parallelen Schichten bestehen. Der Bau beider wird durch zwei Tafeln illustriert, wovon die Profile der geschichteten Berge den Werken Scheuchzer's entnommen sind. Das Material der geschichteten Berge wurde nach Moro durch vulkanische Eruptionen ausgeworfen und alsdann schichtweise abgelagert, wie man sich am Monte Nuovo, Vesuv und Aetna überzeugen könne. Auch die Ebenen bestehen lediglich aus vulkanischen Auswürflingen, die im Meer zur Ablagerung gelangten. Die Erdgeschichte vollzog sich in folgender Weise. Ursprünglich war die kugelförmige Erde gleichmäßig mit einer 175 Klafter tiefen Süßwasserhülle umgeben und besaß noch keine Unebenheiten. Am dritten Schöpfungstag entzündeten sich auf das Gebot des Herrn unterirdische Feuer, welche

Festländer, Inseln und Berge aus dem Wasser emporhoben. Dabei bildeten sich Risse und Oeffnungen in den Bergen, aus welchen große Massen von Erde, Sand, Thon, harte und geschmolzene Steine, Metalle, Schwefel, Salz, Bitumen und Mineralien ausgeworfen wurden, die sich in Schichten absetzten und die secundären Berge erzeugten. Aus diesen Auswürflingen erhielt die Wasserhülle ihre salzigen Bestandtheile und wurde in Folge der gehobenen Festländer immer tiefer. Pflanzen und Thiere gab es damals noch nicht und darum enthalten die Berge auch noch keine Versteinerungen. Erst am fünften Tage wurden die Bewohner des Meeres geschaffen und da die Auftreibung der Berge und die Eruption von losen Auswürflingen beständig fortdauerte, so enthielten die neuen, aus dem Meer aufsteigenden Berge auch eine Menge von Schalthieren (Crostacei). Die trocken gelegten Theile der Erde bedeckten sich mit Pflanzen und wurden mit Landthieren bevölkert und auch von diesen Organismen könnten Reste in den Boden gelangen, wenn durch fortdauernde Ausbrüche neue Straten aufgeschüttet wurden. Diese Entwickelung wird wahrscheinlich auch noch in der Zukunft fortdauern, so daß spätere Generationen die Reste der jetzt lebenden Thiere, Menschen und Pflanzen in den Erdschichten finden werden. Die Sintfluth ist für Lazzaro Moro ein übernatürliches Wunder, das eben so wenig erklärt werden dürfe, wie der Stillstand der Sonne auf das Gebet des Josua. Ein amtliches, dem Moro'schen Werk beigefügtes Attest bestätigt, daß dasselbe Nichts enthalte, was gegen die Lehre der katholischen Kirche verstoße. Lazzaro Moro hat bei seinen Zeitgenossen große Anerkennung und in dem Carmeliter Generelli einen Adepten gefunden, der das Lob seines Meisters mit Begeisterung verkündigte. Seine Hypothese, daß Festländer, Inseln und Berge durch Erdbeben und vulkanische Kräfte entstehen können, wurde übrigens schon von Strabo ausgesprochen und von Robert Hooke, dessen Schriften Lazzaro Moro allerdings nicht kannte, in ähnlicher Weise ausgeführt. Neue Beobachtungen fehlen dem Werke von Lazzaro Moro fast gänzlich, allein der Autor verwerthet mit großer Geschicklichkeit die ihm aus der Literatur bekannten Thatsachen zur Bekämpfung der Diluvialhypothese und zur Begründung seines Systems, an welchem aber gerade das Neue, nämlich die Entstehung der geschichteten Berge aus vulkanischen Auswurfsprodukten für die meisten Fälle gänzlich verfehlt ist.

Eine bemerkenswerthe literarische Erscheinung ist der 1715 und 1716 verfaßte, jedoch erst 1748 veröffentlichte Telliamed[66]) (Anagramm des Verf.) von de Maillet. Der Autor kleidet seine mit den Lehren der Kirche vielfach in Widerspruch stehende Ideen in die Form eines Dialogs zwischen einem indischen Philosophen und einem französischen Missionär. Er legt seine ketzerischen Gedanken dem orientalischen Weisen in den Mund und stellt es dem Zuhörer anheim, sich dieselben anzueignen oder sie zu verwerfen. Das Werk von de Maillet erregte nicht nur durch die Originalität seiner Ideen, sondern auch durch die anziehende Darstellung großes Aufsehen und übte offenbar auf die Ansichten Buffon's nicht geringen Einfluß aus. In der Vorrede sucht sich de Maillet zwar vom Vorwurf der Gottlosigkeit zu reinigen, doch schien es ihm rathsam, sein Werk erst nach dem Tode veröffentlichen zu lassen. Der Telliamed ist in sechs Gespräche (journées) eingetheilt und geht von der Grundidee aus, die Erde sei ursprünglich vollständig mit Wasser bedeckt gewesen. Diese Wasserhülle habe sich im Lauf der Zeit allmählich vermindert, so daß Festländer und Inseln aus derselben emportauchen konnten. Die Beobachtung, daß viele geschichtete Gesteine große Aehnlichkeit mit Sedimenten des Meeres besitzen, veranlaßte de Maillet zu ausgedehnten Untersuchungen über die Zusammensetzung und Entstehung der Ablagerungen an den heutigen Meeresküsten, über die Beschaffenheit des Meeresgrundes, über Meeresströmungen, über die Art und Weise, wie Ueberreste von Meer- und Landbewohnern in die Sedimente gelangen und dort erhalten bleiben. Diese jetzt unter unseren Augen entstehenden Sedimente werden sodann mit den geschichteten Gesteinen des Festlandes verglichen und aus dem Vorhandensein von marinen Muscheln und Schnecken in den meisten Schichtgesteinen, in Ebenen und auf Berggipfeln die Schlußfolgerung gezogen, daß das Meer einstens die Festländer überfluthet und jene fossilführenden Gesteine nach und nach abgesetzt habe. Der indische Philosoph begeht freilich den groben Irrthum, daß er sämmtliche Gesteine der Erde für Absätze des Meeres hält und annimmt, alle Berge und alle Gesteine (terrains) unserer Erde seien aus erhärtetem Sand oder Schlamm oder einem Gemenge beider oder aus Thon und anderen Sedimenten des Ozeans zusammengesetzt. Die höchsten oder primitiven Gebirge, aus deren Zertrümmerung die kleineren Berge und Ebenen gebildet wurden, rühren nach Telliamed aus einer Zeit her, wo das Meer noch keine

oder nur sehr wenige Organismen ernährte, ihre Gesteine sind darum fossilfrei oder doch arm an Versteinerungen. Je jünger die Gesteine, desto reichlicher erfüllen sie sich mit Ueberresten von Thieren und Pflanzen und zwar finden sich unter den Meerconchylien viele gänzlich unbekannte Arten.

Im zweiten Gespräch werden eine Menge Beweise für den ehemaligen höheren Stand des Meeres aufgezählt. Manche darunter, wie die im Festland gefundenen Schiffe, die verlassenen Städte in der libyschen Wüste, das Vorkommen von Riesengebeinen u. dergl. beruhen auf unzuverlässigen Angaben, andere dagegen, wie die Beschreibung vieler mit Conchylien, Korallen, Fischen und anderen Meerthieren erfüllten Schichten, sprechen für die große Erfahrung und feine Beobachtungsgabe des weitgereisten Verfassers. Telliamed bekämpft mit trefflichen Gründen die Annahme einer universellen Sintfluth und hält die von Moses beschriebene Ueberschwemmung für ein rein locales Ereigniß. Er zeigt, daß die Wassermasse der Oceane sich im Laufe der Jahrtausende vermindert habe, daß zuerst die höchsten Berggipfel, später die übrigen Festländer und Inseln trocken gelegt wurden, daß diese Abnahme des Wassers noch jetzt fortdauere und einstens zur Verbindung vieler Inseln mit den benachbarten Festländern und schließlich zum Zusammenwachsen der Continente führen werde. Berge und Thäler wurden durch marine Strömungen und durch das abfließende Wasser gebildet. Telliamed schätzt die Abnahme des Meeresspiegels auf einen Fuß in dreihundert Jahren oder $3^1/_4$ Fuß in tausend Jahren, schlägt aber zur Erlangung sicherer Werthe im dritten Gespräch Methoden vor, wie genauere Messungen über die Abnahme des Wassers sich am zweckmäßigsten ausführen ließen. Das vierte Gespräch beschäftigt sich vornehmlich mit der Natur der Versteinerungen, für deren organischen Ursprung Telliamed unter Berufung auf Scilla und andere Gewährsmänner mit Entschiedenheit eintritt. So vortheilhaft die Beobachtungen und Schlußfolgerungen in den ersten zwei Abschnitten von den meisten gleichzeitigen Werken abstechen, so mangelhaft sind die allgemeinen Betrachtungen über die Vergangenheit und Zukunft der Erde begründet. So erhielt nach Telliamed unser Planet seine ursprüngliche Wasserbedeckung aus dem Weltraum, als er sich in größter Sonnenferne befand. Bei der Annäherung an die Sonne verdunstete ein Theil des Wassers und dadurch erklärt sich der allmähliche und fortdauernde

Rückgang des Meeres. Die Vulkane entstehen durch Entzündung von Oel, Fett und Kohle, welche durch die fossilen Organismen in den Boden gelangten und denselben stellenweise vollständig imprägnierten. An solchen Stellen bilden sich auch die meisten Mineralien und Metalle. Durch die vulkanischen Brände wird der »esprit de vie« in den Weltkörpern zerstört und schließlich werden die Vulkane durch ihre Vereinigung, die ganze Erde in Brand stecken und sie in einen glühenden Weltkörper umwandeln. Dieser kühlt sich später wieder ab, erhält in der Sonnenferne eine neue Wasserbedeckung und beginnt nun seinen Kreislauf von Neuem. Im letzten Gespräch wird zu zeigen versucht, daß alles Leben im Wasser und zwar im Meer entstanden sei. Aus den Meerpflanzen entwickelten sich die Landpflanzen durch allmähliche Transmutation, aus den Meerthieren die Landthiere. Es ist ergötzlich zu lesen, wie Telliamed die Umbildung eines aufs Land gerathenen Fisches in einen Vogel beschreibt (II. S. 139) und kaum weniger befremdend wirken die angeblich historisch beglaubigten Berichte von Wassermenschen, von geschwänzten und einbeinigen Menschen, von Zwergen und Riesen, aus denen die jetzigen Menschenrassen hervorgegangen sein sollen. Nach de Maillet stieg der Mensch in den Polargegenden zuerst aufs feste Land. Dort hat er bis auf den heutigen Tag noch seine ursprüngliche rohe Lebensweise bewahrt; beim Vordringen in mildere und fruchtbare Gebiete verfeinerten sich seine Sitten und veredelte sich seine Natur.

Sieht man ab von den zwei letzten Kapiteln, worin sich der Verfasser grundlosen Träumereien hingibt, so übertrifft der Telliamed an Originalität der Ideen und an Reichthum gut beobachteter Thatsachen die Mehrzahl der Werke ähnlichen Inhaltes im vorigen Jahrhundert, von denen nur noch einige der bekannteren kurz erwähnt werden sollen. Der Engländer Needham nimmt (1769) wie Leibniz ein Centralfeuer an und führt auf dieses die Entstehung der Gebirge und Vulkane zurück. Die Zusammensetzung vieler Berge aus concentrischen, ursprünglich im Wasser entstandenen und mit Versteinerungen erfüllten Schichten lasse keinen Zweifel übrig, daß sie durch die Expansivkraft des Erdinnern gehoben und ihre Schichten dabei gebogen, aufgerichtet und zerbrochen worden seien. Needham betrachtet die Tage der mosaischen Schöpfungsgeschichte als urgeschichtliche Perioden von langer Dauer.

Justi[67]) hält alle Planeten und Cometen für abgerissene Stücke der Sonne. Ursprünglich war die Erde ein Gemenge von weicher Erde und Wasser, vermischt mit öligen und merkurialischen Substanzen. Durch Rotierung um eine Axe nahm sie Kugelgestalt an; das aus der Sonne mitgenommene Wasser breitete sich an der Oberfläche aus und über dem Ozean bildete sich eine dunstige Atmosphäre. Im Wasser entstanden Fische und andere Meeresgeschöpfe, auf dem Lande Kräuter, Bäume und Landthiere. War somit die Thätigkeit der Erde an ihrer Oberfläche zu einem gewissen Abschluß gelangt, so erzeugte dagegen der feste Körper unter dem Einfluß von Wasser, Oel und Quecksilber immer neue Dinge: Erdarten, Mineralien, Metalle und Gesteine. Durch die fortgesetzte Rotierung erhitzte sich die Masse im Innern, das Centralfeuer trieb die Berge in die Höhe und machte sich in den thätigen Vulkanen Luft. Die weitere Ausführung dieser Hypothese, der Nachweis, daß das Meer zu verschiedenen Malen seine Stelle veränderte, daß die Oberfläche der Erde wiederholt bewohnt gewesen, durch Revolutionen verwüstet und entvölkert worden, und daß all' dies in unermeßlich langen Zeiträumen vor der Sintfluth erfolgt sei, sind ebenso wenig durch Thatsachen begründet, wie seine Speculationen über die Zukunft und das Ende unseres Planeten.

Wilh. Friedr. von Gleichen-Roßwurm (1717—1783) verstand es, die phantastischen Ideen eines Whiston und Burnet noch zu überbieten. Die Erde war nach ihm ursprünglich eine Kugel aus reinem Wasser. Auf dieser entwickelte sich unter dem Einfluß der Sonnenwärme das thierische Leben und zwar zuerst Infusorien. Die Leichen derselben bildeten eine reine Elementarerde, aus welcher dann gröbere Thierarten hervorgingen, bis schließlich in unermeßlich langen Zeiträumen alle Wasserthiere entstanden waren. Die Erdtheile wurden durch die Axendrehung zusammengepreßt; im Innern der festen Masse entwickelten sich durch Gährung Wärme und Gase, welche Theile der Oberfläche aufblähten, als Gebirge und Inseln über den Wasserspiegel emportrieben u. s. w.

Die Erdtheorien des Helmstädter Professors Joh. Gottlob Krüger und des Oberconsistorialraths Joh. Esaias Silberschlag[68]) in Berlin reihen sich den eben genannten an Absurdität würdig an.

Neben den aufs Allgemeine gerichteten Bestrebungen entwickelte sich allerwärts eine bescheidene Literatur, die sich mit Ermittelung von Thatsachen begnügte, locale Verhältnisse untersuchte und sich von

weit gehenden Generalisationen fern hielt. So wenig Interesse derartige Untersuchungen weiteren Kreisen boten, so waren sie doch nicht ohne Bedeutung für spätere eingehendere Forschungen und lieferten Material, auf welchem sich der Zukunftsbau der geologischen Wissenschaft erheben sollte.

Eine der ersten Publicationen dieser Art rührt von dem Sachsen Mylius her.[40]) Er zählt die im thüringischen Zechsteingebiet vorkommenden Gesteine nach den Benennungen der dortigen Bergleute mit großer Genauigkeit auf, ohne irgendwelche Schlußfolgerungen über deren Entstehung und Alter aus ihrem Vorkommen zu ziehen. Einzelne der von Mylius gebrauchten Bezeichnungen, wie Zechstein, Obersäule, Untersäule, Noberg, Kupferschiefer u. a. kehren auch in der späteren Literatur wieder. Die Werke von Schwenkfeld, Praetorius, Zeiler u. A., beschäftigen sich ebenfalls nur mit localen Verhältnissen.

In England veröffentlichte J. Strachey[69]) eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Gesteinsschichten in den Kohlendistrikten von Somersetshire und Northumberland; Holloway[70]) studierte die Kreideablagerung in Bedfordshire. In Italien lenkten Spada und der Sizilianer Schiavo die Aufmerksamkeit auf die versteinerungsreichen Ablagerungen der jüngeren Tertiärzeit. Der Venezianer Donati[71]) untersuchte den Boden des Adriatischen Meeres und beobachtete daselbst Ablagerungen von Sand und Mergel, welche mit Gesteinen am Fuße der Apenninen vollständig übereinstimmten und wie diese stellenweise erfüllt seien mit Schalen von Muscheln, Schnecken, Korallen und sonstigen Resten von Meeresbewohnern. Gestützt auf die Donati'schen Forschungen prüfte Baldassari[72]) sodann die Ablagerungen bei Siena und zeigte, daß darin die Versteinerungen nicht regellos zerstreut, sondern häufig nach Familien oder Gattungen vertheilt seien, indem an gewissen Localitäten diese, an anderen jene Gattungen vorherrschten. Aus dieser Thatsache schloß er, daß die fraglichen Ablagerungen auf dem Grunde des Oceans gebildet sein müßten.

73) Der Toscaner Targioni Tozetti[70]) (geb. 1712, gest. 1782) vermeidet alle geogenetischen Speculationen und beschränkt sich wesentlich auf die Constatierung von Thatsachen. Sein werthvolles, aber etwas breit angelegtes Reisewerk enthält viele zuverlässige Angaben über die Beschaffenheit und Vertheilung der den Boden Toscana's bildenden Gesteine, über das Vorkommen von Versteinerungen und

über die Entstehung der Thäler, welche er nicht wie de Maillet und die meisten Autoren des 18. Jahrhunderts submarinen Strömungen, sondern der Wirkung oberflächlich fliessender Gewässer zuschreibt. Targioni beschäftigt sich speciell mit den Linsensteinen (Nummuliten) von Casciano und Parlascio, die er für Korallen hält sowie mit den im Arnothal im Val di Chiana und Ombrosa verbreiteten fossilen Land-Säugethieren, von denen er annimmt, daß sie dort gelebt hätten und nicht durch eine Erdkatastrophe oder durch die Karthager dahin gekommen seien.

Von weiteren Gesichtspunkten ist J. G. Lehmann*) geleitet, dessen reiche Erfahrung über die Zusammensetzung des Bodens der preussischen Monarchie und über das Vorkommen von nutzbaren Mineralien und Versteinerungen zu einer Verallgemeinerung der auf vielen Reisen gewonnenen Beobachtungen aufforderte. Sein in typographischer Hinsicht dürftig ausgestattetes Werk „Versuch einer Geschichte der Flötzgebirge" (Berlin 1756) enthält eine Fülle von meist sehr gut beobachteten Thatsachen, sowie eine Darlegung seiner Ideen über die Entstehung und Zusammensetzung der die Erdkruste bildenden Gesteine. Nach Lehmann waren anfänglich Wasser und Erde vermischt und bildeten eine kugelige Masse. Bei der Schöpfung schlug sich die Erde nieder und das Wasser wurde theils in das Meer und die Seeen, theils in den Abgrund und den Mittelpunkt der Erde versammelt. Der Erdboden wurde trocken und bestand aus flachem Land sowie den ursprünglichen hohen Bergen, die zum grossen Theil noch jetzt existieren. Es kam dann eine allgemeine Ueberschwemmung (Sintfluth), deren Ursache unbekannt ist, und welche über die höchsten Spitzen der Berge hinwegging. Dieselbe löste viel Thon und Kalkerde auf, schwemmte die fruchtbare Erde von den Bergen hinweg und mit ihnen Reste von Pflanzen, Schnecken, Muscheln, Fischen und anderen Thieren. Alle diese erdigen Theile nebst den darin enthaltenen organischen Resten schlugen sich am Fuss und an den Seiten der ursprünglichen Berge nieder und bildeten das geschichtete Flötzgebirge,

*) Lehmann Joh. Gottlob wirkte als Lehrer der Mineralogie und des Bergfachs in Berlin. Seine umfassende literarische Thätigkeit erstreckt sich auf das chemische, mineralogische, bergmännische und geologische Gebiet. 1761 wurde er von der Kaiserin Katharina als Professor der Chemie und Director des kaiserlichen Museums nach St. Petersburg berufen, starb aber schon 1767 an den Folgen der Explosion einer mit Arsenik gefüllten Retorte.

worin sich die einzelnen Bestandtheile nach ihrer Schwere sonderten und nach dem Abfließen der Gewässer zu verschiedenen, zum Theil mit Versteinerungen erfüllten Schichten erhärteten. Diese Erhärtung geschah durch Gewässer, welche aus den ursprünglichen Bergen Metalle und Mineralien auflösten und dieselben dem Flötzgebirge mittheilten. Nach der großen Fluth erlitten einzelne Orte noch partielle Veränderungen durch Ueberschwemmungen, durch das Austreten oder Zurückweichen des Meeres, durch Erdbeben und feuerspeiende Berge, allein durchgreifende und große Umgestaltungen kamen nicht mehr vor. Die ursprünglichen Berge unterscheiden sich von den später gebildeten einmal durch ihre ansehnliche Höhe, dann durch ihre Zusammensetzung aus „Ganggesteinen", deren Strata nicht horizontal, sondern senkrecht oder diagonal verlaufen und „in die ewige Teufe fortsetzen". Das Ganggebirge ist übrigens nach Lehmann ebenfalls wässerigen Ursprungs, jedoch vor dem Flötzgebirge und zwar während der Schöpfung entstanden. Es ist ausgezeichnet durch Reichthum an Metallen und Mineralien und durch Mangel an Versteinerungen. Das Flötzgebirge besteht aus Flötzen „d. h. Schichten von Erden und Steinen, welche horizontal über einander liegen".

Eine Anzahl von Diagrammen veranschaulichen die Beziehungen von Ganggebirg und Flötzgebirg und ein sehr sorgfältig gezeichneter Durchschnitt zeigt den geologischen Bau der Gegend von Ilfeld und der Grafschaft Mansfeld. Es werden hier mit großer Genauigkeit 30 verschiedene Flötzschichten beschrieben und in eine untere und obere Reihe eingetheilt. Die obere Reihe beginnt mit 1. Dammerde, darauf folgen 2. Stinkstein, 3. Alabaster, 4. Tuffstein oder Rauhwacke, 5. Kalkstein (Zechstein), 6. Oberfäule, 7. Ueberschuß, 8. zarte Fäule, 9. Dachgestein, 10. Mittelberg, 11. Kammschale, 12. Mittelschiefer, 13. Kupferschiefer, 14. Flötzerz, 15. Hornstein, 16. Lettenschmitz, 17. das zarte Rothe und 18. das rothe Todte. Unter dem 60 Lachter mächtigen Rothen Todten folgt die tiefere Abtheilung, welche mit rothen Schiefern, Letten und Grauwacken beginnt, dann blaue Schiefer, Schieferthone, Steinkohlenflötze und zu unterst wieder Sandsteine und Conglomerate enthält. Diese Gliederung umfaßt in ziemlich vollständiger Weise die verschiedenen Schichten der thüringischen Permformation und mehrere der von Lehmann benützten, der Bergmannsprache entlehnte Namen, wie Zechstein, Kupferschiefer, rothes Todt-

liegendes sind in die heutige geologische Nomenclatur übergegangen. Eine Anzahl Profile aus anderen Gegenden zeigen die Zusammensetzung der Erdkruste aus verschiedenartigen Schichten. In dieser erstmaligen exacten Untersuchung der Flötzgesteine und deren Lagerungsverhältnisse, sowie in der Anfertigung von vorzüglich ausgeführten und naturgetreuen Durchschnitten beruht das unvergängliche Verdienst Lehmann's, dessen theoretische Anschauungen naturgemäß von den herrschenden Meinungen seiner Zeit ungünstig beeinflußt waren.

Nahezu auf demselben Gebiete und nach derselben Methode wie Lehmann, arbeitete der fürstliche Leibarzt G. Christian Füchsel in Rudolstadt.*) In seinem lateinisch geschriebenen Hauptwerk definiert er zuerst die Begriffe von Stratum (Schicht), Situs (Lager) und Series montana (Formation) und beschreibt sodann die in der Gegend von Ilfeld, Rudolstadt und Mansfeld vorkommenden Schichten und Gesteine, wobei er dem bereits von Lehmann untersuchten Profil noch das Sandgebirge und den Muschelkalk, also unsere heutige untere und mittlere Trias beifügt. Die Bezeichnung Formation wird für eine Reihenfolge von Schichten angewandt, welche unter gleichen Verhältnissen unmittelbar nach einander gebildet wurden und eine Epoche in der Erdgeschichte darstellen.

Für Thüringen unterscheidet Füchsel folgende neun Formationen:

1. Muschelkalch, das oberste „Kalchgebürge“ mit vielen Muschelkernen, Ammoniten, Nautilen, Terebrateln und Astroiten (Encrinus). Darunter bildet „den Wechsel“ das rothe Gypslager mit Mergeln ohne Astroiten mit schlecht erhaltenen Muscheln, zuweilen mit Gyps, der aber nicht überall vorhanden ist.

---

*) Füchsel G. Ch. ist 1722 in Ilmenau als Sohn eines Bäckers geboren, studierte in Jena und Leipzig, erwarb in Erfurt die Doctorwürde und verbrachte den größten Theil seines Lebens als Arzt in Rudolstadt, woselbst er 1773 starb. Er entdeckte zu Mühlberg bei Erfurt ein Kohlenflötz, wofür er vom Eigenthümer eine Belohnung von 200 Kronenthaler erhielt. Die Ergebnisse seiner Forschungen sind niedergelegt in einer lateinischen Abhandlung: Historia terrae et maris ex historia Thuringiae permontium descriptionem erecta, welche 1762 in den Acta Acad. elect. Moguntinae zu Erfurt erschien, sowie in einem jetzt sehr seltenen Werk „Entwurf zur ältesten Erd- und Menschengeschichte, nebst Versuch, den Ursprung der Sprache zu finden“ 1773.

2. Das Sandgebürge (jetzt Buntsandstein) mit Thonzellen, ohne Kalk, ohne Gyps und ohne Muscheln. Den „Wechsel“ nach unten bildet Glühsand, unter dem
3. das „mehlbatzige Kalchgebürge“ (jetzt Zechsteindolomit) folgt, das besonders zum Bauen verwendet wird. Im „Wechsel“ liegen graue Gyps- und Alabasterschichten.
4. Die Flötze (Zechstein und Kupferschiefer) bestehen aus mehreren kalkigen und mehligen Schichten mit Gryphiten und anderen Muscheln, sowie aus schwarzem „Kupferschiefer“ mit Fischabdrücken. Das mit Erz imprägnierte Sandflötz führt zum
5. Weiß Gebürge (Weißliegendes) mit thonig sandigen Schichten.
6. Roth Gebürge thonärmer, mit rothem Marmor, der Muschelkerne und Astroiten enthält.
7. Schwarzblaues Schalgebürge und Dachschiefergebirge liefert bei Lehesten Dachschiefer und Schiefertafeln; schließt graue Marmorbänke ein. Im Wechsel „Alaunschiefer“.
8. Steinkohlengebürge bei Manebach mit Kohlenflötzen und Pflanzenabdrücken. Den Wechsel bildet nach Füchsel das Rothe Todtliegende, das hier fälschlich unter das Steinkohlengebirge gestellt wird.
9. Grund- oder Gang-Gebürge, die Gipfel des Harz- und Thüringer-Waldes bildend, mit aufgerichteten Schichten.

Neben diesen Formationen erwähnt Füchsel noch als oberflächliche Bildungen den aus Trümmern von Grundgebirg bestehenden „Steingries“, ferner den Leimen mit kleinen, noch jetzt lebenden Schneckenschalen und den in den Thälern vorkommenden Tuffstein. Die Entstehung dieser oberflächlichen Ablagerungen dürften mit der Sintfluth zusammenfallen.

Füchsel unterscheidet sehr bestimmt Schichten, in denen nur Ueberreste von Landpflanzen und Festlandthieren vorkommen, von solchen, welche ausschließlich meerische Ueberreste enthalten. Er nimmt zur Erklärung dieser Erscheinung an, daß das Meer von einem mit Pflanzen und Thieren bevölkerten Festland umgeben gewesen sei, dessen Küsten zeitweilig überfluthet wurden. Er sucht ferner nachzuweisen, daß alle Schichten der Erdrinde ursprünglich horizontal abgelagert worden seien und daß ihre spätere Aufrichtung durch Erdbeben veranlaßt

worden sei. Im Gegensatz zu Lehmann enthält sich Füchsel aller Speculationen über die Entstehung der Erde als Ganzes oder über die Bildung des Gang- oder Grundgebirges. Er beschäftigt sich lediglich mit den von ihm untersuchten Flötzformationen und sucht deren Entstehung durch Kräfte zu erklären, welche auch heute noch ähnliche Wirkungen hervorbringen. Vielfach wird darauf hingewiesen, daß die verschiedenen Schichten nicht nach ihrer Schwere bei einer einmaligen Ueberschwemmung abgesetzt worden, sondern daß sie nach und nach entstanden seien und daß zu ihrer Bildung ansehnliche Zeiträume erforderlich waren. Der Gedanke, daß eine Serie von Schichten oder Formation zugleich eine bestimmte Periode in der Entwickelung unserer Erde bezeichne, ist in der Folge von fundamentaler Bedeutung geworden und auch in anderer Hinsicht hat Füchsel bahnbrechend gewirkt. Er machte in Deutschland zuerst den Versuch, die Verbreitung der verschiedenen Gesteine auf einer Karte zur Anschauung zu bringen, und so sehen wir denn auf einer Tafel neben einer Anzahl sorgsam ausgeführter Profile eine orographische Karte, worin die einzelnen Schichten mit Zahlen bezeichnet sind, welche in vielfacher Wiederholung den Verlauf und die oberflächliche Verbreitung der Flötze andeuten. Das Füchsel'sche Hauptwerk ist in schwerfälligem Latein geschrieben, überdies in einer den Meisten unzugänglichen Zeitschrift veröffentlicht und darum wenig bekannt geworden. Nichts desto weniger hat dieser bescheidene und scharfsinnige Autor, dessen Name während seines Lebens kaum genannt wurde, dadurch einen bedeutenden Einfluß auf die Entwickelung der Geologie ausgeübt, daß A. G. Werner nicht nur seine Eintheilung der thüringischen Flötzgesteine, sondern auch viele seiner Ideen annahm und weiter ausbildete.

In ähnlicher Weise wie Lehmann und Füchsel beschäftigte sich in Oberitalien der Paduaner Professor Giovanni Arduino*) mit Untersuchungen über die Zusammensetzung und den Aufbau seines heimathlichen Bodens. Giov. Arduino theilte die Berge im Paduaner,

*) Arduino, geboren 1713 in Caprino bei Verona, war Bergwerksdirector im Vicentinischen und in Toscana, später in Venedig Professor der Mineralogie und Metallurgie: er übte sowohl durch seine Schriften und Briefe, als auch besonders durch persönlichen Verkehr mit den in Italien reisenden Fachgenossen einen großen Einfluß aus; starb 1795 in Venedig Ein Verzeichniß der zahlreichen, meist kleinen Schriften Arduino's (zwischen 1760 und

Vicentinischen und Veroneser Gebiet nach ihrer Zusammensetzung, Lagerungsverhältnissen und Entstehung in primitive, secundäre, tertiäre und vulkanische ein. Die ersteren bestehen aus „glasartigen“, glimmerigen, von Quarzadern durchzogenen und stark gefalteten Schiefergesteinen ohne Versteinerungen. Die Montes secundarii sind aus festem geschichteten Kalkstein, sowie aus Mergel und Thonschichten zusammengesetzt und enthalten zahlreiche marine Versteinerungen. Es lassen sich unter den secundären Gebilden verschiedene Abtheilungen von Gesteinen unterscheiden, worunter die sogenannte Scaglia die oberste Stelle einnimmt. Die Oberfläche der Scaglia ist häufig mit großen Blöcken von Granit, Quarz und Kalkschiefer und anderen primitiven Gesteinen bedeckt, die offenbar aus dem benachbarten Tyrol stammen, deren Transport aber für Arduino ein ungelöstes Räthsel bildet. Die Montes tertiarii bestehen aus verschiedenem, geschichtetem Material (Kalkstein, Sand, Mergel, Thon 2c.); sie sind jünger als die Secundarii und häufig aus deren Zertrümmerung hervorgegangen. Sie enthalten stellenweise zahllose Ueberreste von Pflanzen und Thieren. Den genannten geschichteten Gebirgen, welche hier zum erstenmal nach ihrem Alter in primäre, secundäre und tertiäre eingetheilt werden, stehen die vulkanischen Berge gegenüber, die theils aus lavaartigen Gesteinen, theils aus Tuffen, theils aus fossilführenden Schichten aufgebaut sind und deren Zusammensetzung auf wiederholte Eruptionen und darauffolgende Ueberfluthungen durch das Meer hinweist. Den vulkanischen Gesteinen und namentlich dem Basalt schreibt Arduino die Aufrichtung der benachbarten Kalkberge, sowie die Umwandlungen und Veränderungen des Kalksteins zu.

Christopher Packe[74]) gebührt das Verdienst, die von Lister gegebene Anregung verwirklicht zu haben, indem er die 1743 älteste überhaupt existierende, allerdings noch recht unvollkommene geologische Karte eines Theiles von England veröffentlichte. Sie umfaßt ein Areal von 32 englischen Meilen im Osten der Grafschaft Kent (Gegend von Canterbury) und bringt mittelst Zeichen und Linien die im Text näher beschriebenen Beobachtungen zur Anschauung.

1795) findet sich in der Bibliographie géologique et paléontologique de l'Italie. Bologna 1881. Einige derselben erschienen in deutscher Uebersetzung unter dem Titel: Sammlung einiger mineralogisch-chemisch metallurgisch- und oryktographischer Abhandlungen. Dresden 1778.

Die erste geologische Karte, auf welcher die Verbreitung der verschiedenen Hauptgesteine (Granit, Sandstein, Kalkstein) durch Farben veranschaulicht wird, veröffentlichte 1775 der sächsische Bergmeister Gottl. Gläser.[75]) Drei Jahre später folgte die umfassende geologische Karte der chursächsischen Lande von Wilh. v. Charpentier.*) Das Werk von Charpentier[76]) nimmt neben Lehmann und Füchsel's Vorarbeiten eine der hervorragendsten Stellen in der älteren geologischen Literatur Deutschlands ein. Es enthält eine Menge trefflicher Beobachtungen über die Gesteinsbeschaffenheit, das Vorkommen und die Anordnung der in Sachsen vorkommenden Formationen, Gesteine, Erzlagerstätten und Gänge. Die Verbreitung der Hauptgesteine und Formationen ist durch Farben, das Vorkommen der minder wichtigen Gesteine, Erzlager und Gänge durch Zeichen angedeutet. Charpentier stellt zum Grundgebirge Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Porphyr und körnigen Kalk und hält diese Gesteine, weil sie mit einander wechsellagern, für gleichaltrig. Auf das Grundgebirge folgen Thonschiefer und das Steinkohlengebirge. Für das Flötzgebirge schließt sich Charpentier der Gliederung von Lehmann und Füchsel an, fügt aber derselben noch den Plänerkalk und den Quadersandstein bei, so daß seine Formationsreihe folgende Glieder enthält: 1. Das rothe Todtliegende und das Weißliegende, 2. das Schieferflötz, zusammengesetzt aus Kupferschiefer, Kammschaale, Loch- und Noberg, Fäule und Oberberg, 3. Zechstein, 4. Rauchwacke, 5. Aschengebirge mit schiefrigem Stinkstein, 6. kalkiger Thon, 7. Gyps mit Rogenstein, 8. rother mergeliger Thon, 9. Sandsteingebirge, 10. graues Kalkgebirge (Muschelkalk), 11. Plänerkalk, 12. Quadersandstein. Das Urgebirg und der Basalt haben sich nach Charpentier aus wässeriger Lösung auf chemischem Wege ausgeschieden.

Schon Charpentier stellt zwischen das Urgebirg und Flötzgebirg Thonschiefer und Steinkohlengebirg; Graf A. F. v. Velt-

*) Johann Friedrich Wilhelm v. Charpentier, geboren 1728 in Dresden, entstammt einer adeligen normannischen Hugenottenfamilie, studierte in Leipzig Rechtswissenschaft; wurde 1767 als Professor der Mathemathik und Zeichenkunst an die Bergakademie in Freiburg berufen, 1773 zum Mitglied des Oberbergamts und 1802 zum Ober-Berghauptmann und Leiter des Montanwesens in Sachsen ernannt; starb 1805 in Freiberg. Charpentier war ein feiner Beobachter, sowie ein theoretisch und praktisch vorzüglich ausgebildeter Lehrer. In späteren Jahren trat er in ziemlich schroffen Gegensatz zu A. G. Werner und bekämpfte energisch dessen Theorie über die Entstehung der Gänge.

heim[77]) unterscheidet A. Granitisches Grundgebirg, B. Ganggebirg, C. Flötzgebirg und D. Vulkanisches Gebirg. v. Trebra*) richtete bei seinen Untersuchungen über den Harz seine besondere Aufmerksamkeit der Grauwacke und dem Thonschiefer zu, worin er zuerst Pflanzenversteinerungen und verkieste Ammonshörner (Goniatiten) nachwies. Er folgerte daraus, daß diese Bildungen nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, zum Grundgebirg oder Ganggebirg gehören können, sondern zwischen diesem und dem Flötzgebirge liegen.

Während die zuletzt genannten Autoren auf mehr oder weniger eng begrenztem Gebiete ihren Forschungstrieb bethätigten, suchten Andere auf ausgedehnten Reisen den Gesichtskreis erdgeschichtlicher Kenntnisse zu erweitern. In erster Linie ist hier der unermüdliche und vielseitige Guettard**) zu nennen, welcher die wissenschaftlichen Ergebnisse seiner Wanderungen in Frankreich, England, Deutschland und Polen auch kartographisch zu verwerthen versuchte. Seine mineralogische Karte von Frankreich und England[78]) entspricht allerdings nicht den Anforderungen, welche heute an eine geologische Uebersichtskarte gestellt werden und bleibt in mehrfacher Hinsicht hinter den von Füchsel und Charpentier hergestellten zurück, allein sie gewährt über das Vorkommen von Gesteinen und Mineralien, über das Vorhandensein von Bergwerken, Steinbrüchen, Fundstellen von Versteinerungen, Mineralquellen, Thermen, Steinkohlen &c. so genaue Auskunft, daß sie noch heute mit Vortheil benützt werden kann. Die einzelnen Vorkommnisse sind durch 50 verschiedene Zeichen und Schraffierungen angedeutet; die Karte selbst ist nicht coloriert. In dem begleitenden Text fehlt es allerdings an allen genaueren

*) Friedr. Wilh. Heinrich v. Trebra ist 1740 in der Pfalz geboren, wurde 1769 Bergmeister zu Marienberg, 1780 Vice-Berghauptmann in Clausthal, 1801 Oberberghauptmann in Freiberg, woselbst er 1819 starb. Sein Werk: Erfahrungen vom Innern der Gebirge. Dessau und Leipzig 1785. Fol. enthält eine geognostische Beschreibung des Harzes, Beobachtungen über die Temperaturverhältnisse im Erdinnern und theoretische Bemerkungen über Entstehung und Umbildung von Gesteinen.

**) Jean Etienne Guettard, geboren 1715 als Sohn eines Apothekers, zeigte schon als Knabe ausgesprochene Vorliebe für Naturgeschichte, namentlich für Botanik; studierte in Paris Medicin, begleitete später den Herzog von Orleans auf Reisen und wurde Conservator von dessen naturhistorischen Sammlungen. 1734 wählte ihn die Akademie zu ihrem Mitglied. Er lebte in bescheidenen Verhältnissen und starb unvermählt 1786 in Paris.

Angaben über die Lagerungsverhältnisse und die chronologische Gliederung der Gesteine. Immerhin entsprechen aber die drei Hauptabtheilungen der Carte minéralogique so ziemlich den von anderen zeitgenössischen Autoren als primär, secundär und tertiär bezeichneten Gruppen. Die Surface (Bande) schisteuse ou granitique enthält die aus Urgebirge und Schiefern zusammengesetzten Gebiete, sämmtliche Mineral- und Erzlagerstätten und Gänge, die Steinkohlenflötze, Schwefel- und Naphtavorkommnisse &c. Die Surface (Bande) calcaire ou marneuse begreift die aus erhärteten, kalkigen und mergeligen Gesteinen bestehenden Regionen; die Surface Sablonneuse erstreckt sich von Orleans über Etampes nach Paris, umfaßt das Pariser Tertiärbecken und läßt sich auch jenseits des Kanals im südlichen England weiter verfolgen. Guettard's Plan, einen geographisch-mineralogischen Atlas von ganz Frankreich herauszugeben, scheiterte an der Größe und Schwierigkeit dieser Aufgabe, doch vollendete er mit seinem Arbeitsgenossen, dem Chemiker Lavoisier eine Anzahl Blätter, denen Monnet 1780 noch 31 weitere beifügte, so daß im Ganzen 60 Blätter zur Veröffentlichung kamen. Die während der Ausführung dieser Karte gesammelten Beobachtungen lieferten Stoff zu zahlreichen Abhandlungen. Eine der wichtigsten und umfangreichsten behandelt die Umgebung von Paris und enthält eine Beschreibung der daselbst verbreiteten Gesteine und Mineralien, sowie einer großen Anzahl von Versteinerungen. In einer anderen bespricht Guettard die Degradation der Berge und Festländer durch Regen, Flüsse und den Ozean. Es ist dies wohl die erste Abhandlung, worin das Problem der Denudation in seinem ganzen Umfang und mit vollem Verständniß seiner Wichtigkeit für die Umgestaltung der Erdoberfläche behandelt wird. Eine andere epochemachende Entdeckung ist mit Guettard's Namen verknüpft. Auf einer Reise nach Moulins und Riom im Jahre 1851 erkannte er in dem an Straßen und als Baumaterial verwendeten schwarzen Gestein von Volvic sofort vulkanische Lava. Begleitet von seinem Freund Malesherbes verfolgte er die gefundene Spur und fand die bis dahin unbekannten erloschenen Vulkane in der Auvergne. Nach der Untersuchung von ca. 16 Kegelbergen besuchte er auch den Mont d'Or, lernte daselbst den säulenförmigen Basalt kennen, dem er aber auffallender Weise wässerigen Ursprung zuschrieb. Seine berühmte Abhandlung[79]) über die Vulkane der Auvergne erschien im Jahre 1756; jene über den Basalt 1770.

Das weitschweifige Werk des originellen Autodidakten Giraud Soulavie*) beschäftigt sich in erster Linie mit den erloschenen Vulkanen im Vivarais, Velay, in der Auvergne und Provence. Der unermüdliche Abbé hatte alle diese Gegenden durchwandert und liefert namentlich für das Vivarais, Velay und die Gegend von Agde Beschreibungen von musterhafter Genauigkeit. Die physikalischen Eigenschaften und Absonderungserscheinungen des Basalts, für dessen feuerigen Ursprung Soulavie mit Entschiedenheit eintritt, sind mit seltener Präcision geschildert. Höchst bemerkenswerth für die damalige Zeit ist auch der Versuch, eine chronologische Reihenfolge der vulkanischen Eruptionen festzustellen. Nach der Lagerung der Basalt- oder Lavaströme über oder unter Gesteinen anderer Zusammensetzung und Entstehung, nach dem Zustand der Erhaltung der äußeren vulkanischen Formen und schließlich nach der Höhenlage der Ausbruchsstellen glaubte Giraud Soulavie sechs Perioden vulkanischer Ausbrüche unterscheiden zu können, wovon die ältesten einer sehr frühen Periode der Erdentwickelung angehören, in welcher es noch keine Organismen gab und Granit die Erdoberfläche bildete. Spätere Eruptionen durchsetzen das primitive Kalkgebirge, den secundären Granit, die jüngeren Kalksteine, Sandsteine und Schiefer; die jüngsten Ausbrüche fallen in die historische Zeit. Eine Karte des Vivarais zeigt die Verbreitung der daselbst vorkommenden Gesteine und deutet durch besondere Zeichen die Ausbruchstellen der Vulkane an. Auch die auf wässerigem Wege gebildeten geschichteten Gesteine suchte Soulavie nach ihrer Aufeinanderfolge chronologisch zu ordnen. Hatte er anfänglich nach seinen Studien im Vivarais den primitiven Kalkstein für das älteste Gestein erklärt, auf welches Granit und dann die vulkanischen Gesteine folgen sollten, so unterschied er später 1. primitiven Granit, 2. primitiven Kalkstein (calcaire primordiale) mit ausgestorbenen Thieren (Ammoniten, Belemniten, Orthoceratiten,

*) Soulavie Jean Louis Giraud, geboren in Argentière (Ardèche), widmete sich dem geistlichen Stande, war Abbé zu Nimes, später Großvicar in Châlons, schloß sich mit Begeisterung der Revolutionspartei an, trat dem Club der Jacobiner bei, wurde französischer Ministerresident in Genf und starb 1813. In seinem Hauptwerk: Histoire naturelle de la France méridionale. 7 vol. Nismes 1780—1784 sucht er die Ergebnisse seiner geologischen Forschungen noch mit der Bibel und den Lehren der katholischen Kirche in Einklang zu bringen, doch zeigen seine Ideen über die Entwickelung der organischen Wesen bereits eine bedenkliche Uebereinstimmung mit dem Telliamed.

Terebrateln, Gryphiten, Trochiten ꝛc.), 3. secundären Kalkstein mit theilweise ausgestorbenen, theilweise lebenden Formen ähnlichen Versteinerungen, 4. secundären Granit, aus cementierten Trümmern des ursprünglichen Granits zusammengesetzt, 5. Kalkstein vom dritten Alter mit Geröllen vulkanischer Gesteine und fossilen Resten von Muscheln und Schnecken, deren Nachkommen in den benachbarten Meeren leben. 6. Geröllablagerungen aus präexistierenden Gesteinen zusammengesetzt mit Süßwasserconchylien, Knochen von Landthieren, versteinertem Holz ꝛc., 7. vulkanische Gesteine verschiedenen Alters. Aus dem Vorkommen von Farnen, Equiseten und andern Pflanzenabdrücken in den Steinkohlenschiefern der Cevennen schließt Soulavie auf ein warmes Klima während der Entstehung dieser Schichten; aus der eigenthümlichen Vertheilung der Versteinerungen in den Schiefern und Kalksteinen von verschiedenem Alter auf eine allmähliche Entwickelung der organischen Schöpfung, wobei die Natur stets die Familien vervielfältigte und aus den einfacheren älteren Formen, die vollkommeneren hervorgehen ließ. Diese Bemerkungen zeigen, daß Soulavie eine bestimmtere Vorstellung von der Zusammensetzung der Erdkruste und von der Bedeutung der Versteinerungen besaß, als die meisten seiner Zeitgenossen. Wenn er trotz seiner Bemühungen zu keinem befriedigenderen Resultat gelangte, wenn seine Arbeiten an wissenschaftlicher Schärfe hinter denen von Füchsel, Lehmann, Charpentier und Arduino zurückbleiben, so erklärt sich dies aus der mangelhaften naturwissenschaftlichen Vorbildung und geringen Literaturkenntniß des fern von dem geistigen Centrum Frankreichs lebenden südfranzösischen Geistlichen. Soulavie ist in vieler Hinsicht Nachfolger de Maillet's; diesem aber an stilistischer Gewandheit bei Weitem nicht gewachsen. Er nimmt unter den französischen Geologen am Schluß des vorigen Jahrhunderts eine hervorragende Stellung ein, wenn er auch nicht die ihm gebührende Beachtung fand. Manche seiner Ideen und Beobachtungen haben sich in der Folge als fruchtbar und werthvoll erwiesen. Nicht unerwähnt darf seine Theorie der Thalbildung bleiben. Im Gegensatz zum Telliamed, zu Buffon und Saussure schreibt Soulavie die Entstehung der Thäler ausschließlich der Wirkung meteorischer und fluviatiler Gewässer zu. Bemerkenswerth ist auch Soulavie's Lieblings-Hypothese, wonach die Zusammensetzung des Bodens, die geographische Lage und die Beschaffenheit der Luft einen wesentlichen Einfluß auf den Charakter der Menschen ausübe. In

den hoch gelegenen basaltischen Gegenden des Vivarais haben die menschlichen Bewohner nach Soulavie einen rauhen, widerspenstigen, aufrührerischen und der Religion wenig ergebenen, aber auch festen und energischen Charakter bewahrt, während in den fruchtbaren Tiefländern die Sinnlichkeit über die Vernunft herrscht und die Menschen verweichlicht und entnervt. Die Atmosphäre der vulkanischen Gebiete sei stets mit elektrischer Materie erfüllt und die Nerven der Menschen dadurch gereizt und in beständiger Spannung; in den Kalk-, Schiefer-, Granit- und Geröll-Gegenden dagegen seien wegen Mangels an Elektricität alle physischen und geistigen Kräfte geschwächt.

Unter den Zeitgenossen Guettard's und Giraud Soulavie's verdienen noch Rouelle, Ferber und v. Born Erwähnung. Nach einem von Desmarest abgefaßten Artikel in der Encyclopédie méthodique entwickelte Rouelle in der Einleitung zu seinen Vorlesungen über Chemie im Jardin des plantes auch eigenartige Ansichten über die Entstehung und Zusammensetzung der Erdoberfläche. Er unterschied „eine alte und eine neue Erde". Zur ersteren rechnete er den Granit, zur letzteren alle kalkigen, thonigen, mergeligen und sandigen Gesteine mit organischen Ueberresten. Die letzteren seien in einer bestimmten Ordnung in den Erdschichten vertheilt und in den verschiedenen Ländern ebenso von einander abweichend wie die Bewohner der jetzigen Meere. Die Steinkohlen betrachtete Rouelle als Anhäufungen von Pflanzen; den Grobkalk von Paris als eine Masse (Amas) von Cerithien und die Kalksteine im Burgund und im Morvan als »amas des Ammonites, des Belemnites et des Gryphites.« Rouelle hat seine Ideen nicht näher ausgeführt und auch nichts über dieselben veröffentlicht; sie konnten darum auch keinen Einfluß auf die Entwickelung der Wissenschaft ausüben.

Eine höchst angesehene Persönlichkeit war der Mineraloge J. J. Ferber.*) Er bereiste 1763 Schweden, 1765 bis 1781 Deutschland,

*) Joh. Jac. Ferber ist 1743 in Carlscrona (Schweden) geboren, wurde 1774 Professor der Naturgeschichte in Mitau, 1783 Lehrer der Naturwissenschaften in St. Petersburg, kam 1786 als Bergrath und Akademiker nach Berlin, siedelte 1788 nach der Schweiz über und starb 1790 in Bern. Von seinen zahlreichen Schriften sind hervorzuheben: Beiträge zu der Mineralgeschichte von Böhmen. Berlin 1774. — Neue Beiträge zur Mineralgeschichte verschiedener Länder. Mietau 1778. — Briefe aus Welschland an Ign. Edler v. Born. Prag 1778.

Böhmen, Ungarn, Frankreich, Italien, England, Schottland und Polen, überall beobachtend und sammelnd. Seine meist in Briefform abgefaßten Schriften enthalten vorzugsweise mineralogische, bergmännische, metallurgische und technische Beobachtungen; theilweise aber auch vortreffliche Mittheilungen über die Gesteine und die geologischen Verhältnisse der von ihm besuchten Länder, insbesondere über das Erzgebirge, Böhmen, Ungarn, die Alpen und Italien. Seine Schilderung der Umgegend von Neapel und insbesondere die Beschreibung der Auswurfsproducte des Vesuvs gehören zu den hervorragenderen wissenschaftlichen Publicationen der damaligen Zeit.

Ignaz v. Born*) ist wie Ferber in erster Linie Berg- und Hüttenmann; doch enthalten seine Briefe über eine mineralogische Reise nach dem Banat, Siebenbürgen und Ungarn werthvolle Angaben über die daselbst verbreiteten Gesteine und Mineralien. Auch über die Bedeutung der Versteinerungen hatte v. Born bessere Anschauungen als viele seiner Zeitgenossen, welche sich damit begnügten, „ekelhafte Register unbestimmter, verworrener und oft lächerlicher Benennungen“ zusammenzustellen. Er meint in den unzähligen versteinerten Schalthieren sei der Stoff gegeben zu den wichtigsten Schlüssen über Veränderungen auf der Erdoberfläche, über das Zurücktreten und Vordringen der Gewässer, ja sogar über klimatische Schwankungen der Vorzeit. Leider ist v. Born nicht dazugekommen, diese Gedanken eingehender auszuführen und zu verwerthen. Bemerkenswerth ist v. Born's Abhandlung über den Kammerbühel bei Franzensbad (Prag 1773), worin er einen ausgebrannten Vulkan erkannte, was ihm heftige Angriffe von dem Neptunisten J. A. Reuß zuzog.

Vulkane und Erdbeben.

Unter allen geologischen Erscheinungen haben Vulkane und Erdbeben einerseits durch majestätische Pracht und Großartigkeit, anderseits durch die Furchtbarkeit ihrer Wirkungen von jeher den

*) Ignaz Edler v. Born, geboren 1742 zu Karlsburg in Siebenbürgen, trat in den Jesuitenorden ein, aus dem er aber schon nach 16 Monaten wieder ausschied, studierte dann Jurisprudenz, wurde 1770 Beisitzer in dem Obersten Münz- und Bergmeisteramt in Prag, 1776 Vorstand des Hofmineralien-Cabinets in Wien und 1779 Hofrath in der Hofkammer für Münz- und Bergwesen; starb 1791 in Wien.

größten Eindruck auf die Menschen gemacht. Die antike Literatur beschäftigt sich vielfach mit diesen Erscheinungen; und namentlich über die Vulkane des ägäischen Meeres (Santorin), über den Aetna und die äolischen Inseln liegen mancherlei werthvolle Nachrichten von griechischen und römischen Schriftstellern vor. Die meisten Naturphilosophen des Alterthums bringen Vulkane und Erdbeben mit einem feuerflüssigen Erdkern oder mit unterirdischen Feuerheerden in Verbindung und darin folgen ihnen der Kirchenvater Tertullian, Agricola, Kircher, Steno, Descartes, Leibniz u. A., während Martin Lister die Ursache der Vulkane in verwitterndem und dadurch erhitztem und in Brand gerathenem Schwefelkies suchten. Lemery glaubte (1700) diese Theorie auch experimentell beweisen zu können, indem er zeigte wie ein Gemeng von Schwefel, Eisenfeile und Wasser eingeschlossen zwischen Erde sich erhitzt, schließlich unter Aufquellen die Erddecke zerreißt und flammende und dampfende Eruptionen verursacht. Vallisneri und Lazzaro Moro berichten ausführlich über eine merkwürdige submarine Eruption bei Santorin im Jahre 1707, allein das Hauptinteresse im vorigen Jahrhundert nahm doch der seit 79 n. Chr. erwachte Vesuv in Anspruch.

Der k. Bibliothekar Pater J. M. della Torre[80]) in Neapel stellte eine ausführliche Geschichte aller Eruptionen und sonstigen Erscheinungen dieses Vulkans bis über die Mitte des vorigen Jahrhunderts zusammen. Diesem gelehrten Werk waren Publicationen von Paragallo[81]), Falcone[82]) und Amato[83]) vorausgegangen, die sich aber fast ausnahmslos nur mit den Eruptionserscheinungen und der äußeren Gestalt des leicht zugänglichen Feuerbergs beschäftigen. Werthvolle Beobachtungen enthalten die an den Präsidenten der Royal Society in London gerichteten Briefe des englischen Gesandten in Neapel Sir W. Hamilton[84]) über den Vesuv, Aetna und die Umgebung von Neapel, und das mit 59 farbigen Tafeln ausgestattete Prachtwerk[85]) desselben Autors bildet noch heute eine der wichtigsten Urkunden über die süditalienischen Vulkane. Neben den Vulkanen in Italien und Griechenland waren der Hekla auf Island, die thätigen Feuerberge von Kamtschatka, von Japan, den Sunda-Inseln, Philippinen, Canaren, Azoren, Westindien, Mexico und Peru durch Reisende bekannt geworden und dadurch die weite Verbreitung der vulkanischen Thätigkeit nachgewiesen. Das Studium der vulkanischen Auswurfsproducte durch Guettard, Ferber, Desmarest, Faujas de St.-Fond u. A.

lenkte die Aufmerksamkeit allmählich auch auf die erloschenen Vulkane. Nachdem Guettard für die wohl erhaltenen Kegelberge der Auvergne die richtige Erklärung in ihrem vulkanischen Ursprung gefunden, wies Desmarest*) auf die Uebereinstimmung des Basalts mit gewissen Laven hin[86]) und bekämpfte die Meinung Guettard's, wonach sich der säulenförmige Basalt durch Krystallisation aus einer wässerigen Flüssigkeit niedergeschlagen habe. Er zeigte, wie ächter Basalt in der Auvergne häufig von vulkanischer Asche bedeckt sei oder dieselbe überlagere, nicht selten ganz unmerklich in ächte Lava übergehe und überall den Charakter einer ursprünglich flüssigen, später erstarrten vulkanischen Masse trage. Er meinte ferner der Basalt zeige vielfache Uebergänge in Porphyr (Trachyt und Phonolith) und dieser in Granit, so daß wahrscheinlich alle diese Gesteine auf feuerflüssigem Wege und zwar der Basalt durch höhere Schmelzung aus Porphyr und dieser wieder aus Granit entstanden seien. Wie irrig auch die Ansichten Desmarest's über die Beziehungen des Basalts zu Porphyr und Granit waren, so gebührt ihm doch das Verdienst zuerst mit Bestimmtheit die vulkanische Entstehung des Basaltes und der älteren oben genannten Massengesteine erkannt zu haben. Zu demselben Resultat bezüglich des Basaltes gelangten übrigens auch R. E. Raspe[87]), Arduino und der englische Ministerpräsident in Venedig Strange[88]) durch ihre Studien in Hessen und Oberitalien.

Entscheidende Beweise für den vulkanischen Ursprung des Basaltes lieferte ferner Faujas de Saint-Fond**) in seinem Prachtwerk über die erloschenen Vulkane des Vivarais und Velay.[89]) Er beginnt mit einer ausführlichen mineralogischen und petrographischen Untersuchung der Auswurfsproducte thätiger Vulkane und vergleicht dieselben alsdann mit den im Vivarais und Velay vorkommenden Gesteinen. Bei seinen ausgedehnten Wanderungen fand er an zahlreichen Orten Südfrankreichs einen mit der Pozzolanerde völlig übereinstimmenden

---

*) Nicolas Desmarest, geboren 1725 in Soulaines (Depart. de l'Aube) in sehr ärmlichen Verhältnissen, wurde nach hartem Kampf mit der Noth des Lebens Professor an der École des Arts et Métiers, bereiste 1763—66 das südliche Frankreich und lernte dort die Vulkane und deren Producte kennen, starb 1815 als Generalinspector der Porzellanfabrik in Sèvres.

**) Barthelemy Faujas de Saint-Fond, geboren 1742 in Montélimart, gestorben 1819 in Soriel bei Valence, wurde 1793 als erster Professor der Geologie in Frankreich am Musée d'histoire naturelle in Paris angestellt.

vulkanischen Tuff, auf welchen er die blühende Industrie der Cementfabrication gründete. Die Beschreibungen und Abbildungen der erloschenen Vulkane im Vivarais und Velay in dem Faujas'schen Werk sind vorzüglich und kaum durch spätere Publicationen übertroffen.

Das fürchterliche Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 rief eine Fluth von Schriften über diese Naturerscheinung hervor. Unter den Autoren, welche sich eingehender mit Erdbeben und deren Entstehung beschäftigen, sind Stukeley[90]), Hales[91]) und Beccaria[92]) als Anhänger der Theorie zu nennen, welche die Erdbeben durch Elektricität erklären wollte. Der Engländer Michell[93]) hält die in Hohlräumen und Spalten der Erdkruste eingesperrten und gespannten Dämpfe nicht nur für die Urheber der Erdbeben, sondern auch der Unebenheiten und Gebirge der Erdoberfläche, sowie der Störungen, Zerreißungen, Aufrichtungen und Biegungen der Gesteinsschichten.

Raspe[94]), der Herausgeber der philosophischen Werke von Leibniz, liefert eine Zusammenstellung der von Erdbeben hervorgerufenen, dauernden Veränderungen der Erdkruste, auf welche dann eine ausführliche Erörterung der verschiedenen von älteren und jüngeren Autoren aufgestellten Hypothesen über die Entstehung der Erde folgt. Raspe schließt sich im Wesentlichen den Ansichten Hooke's an, bestreitet jedoch dessen Meinung, wonach fast alle heftigeren Erdbeben und größeren Dislocationen der Erdkruste während der Sintfluth stattgefunden hätten.

G. L. Leclerc de Buffon.

Eine Wissenschaft, in welcher sich die unbegründetsten und phantastischsten Hypothesen breit machen und Autoren ohne tiefere Kenntniß und Beobachtung der Natur hervorthun konnten, mußte naturgemäß das Mißtrauen der ernsten Gelehrten erwecken. Als darum Buffon die beißende Bemerkung machte, die Geologen glichen den römischen Auguren, welche sich nicht begegnen konnten, ohne zu lachen, so sprach er damit die Ansicht vieler Naturforscher seiner Zeit aus. Wenn nichts desto weniger ein Mann von der hohen socialen und wissenschaftlichen Stellung Buffon's sich entschloß, das damals bekannte thatsächliche Material über Erdgeschichte zu einem Gesammtbild zu vereinigen, so darf dieser Versuch als ein besonders glückliches und folgenschweres Ereigniß für die Entwickelung der Geologie bezeichnet

werden. G. L. Leclerc de Buffon*) war zwar auf geologischem Gebiete nur in beschränktem Maße als Forscher und Beobachter thätig, allein er verstand es, die bis dahin bekannten Thatsachen in einer bewunderungswürdigen Weise zusammenzufassen. Seine beiden geologischen Werke nehmen durch Kühnheit der Phantasie, Klarheit, logische Schärfe und durch die Schönheit der Darstellung eine hervorragende Stellung in der französischen Literatur ein. Sie enthalten zwar wenig neue Thatsachen, aber eine Fülle von anregenden Ideen. Für die im Jahre 1744 geschriebene und 1749 veröffentlichte Théorie de la Terre[95]) fehlte es noch an einer genügenden empirischen Grundlage; sie entfernt sich darum auch wenig von den hergebrachten Anschauungen. Immerhin bekämpft Buffon schon hier die unhaltbaren Hypothesen von Whiston, Burnet, Woodward und Leibniz über Erdbildung, sowie die Annahme einer universellen Sintfluth. Er erklärt die Entstehung der Planeten durch den Zusammenstoß von Kometen mit der Sonne, wodurch Stücke der letzteren abgerissen wurden, und sich später zu sphärischen Körpern zusammenballten. Nach Abkühlung des ursprünglich glühenden Erdballs nimmt Buffon eine einstige Bedeckung der Erdoberfläche durch einen Ozean an, welcher überall Complexe horizontaler, mit organischen Ueberresten erfüllter Gesteinsschichten absetzte. Die Ausfurchung von Thälern wird theils dem sich zurückziehenden Ozean, theils meteorischen Gewässern zugeschrieben. Daß ein Theil der in den Erdschichten begrabenen Fossilien zu erloschenen Arten gehört, konnte einem so gewiegten Zoologen, wie Buffon, nicht verborgen bleiben.

In den 29 Jahre später veröffentlichten Époques de la Nature[96]) führt Buffon seine Erdtheorie in verbesserter Form bis ins Einzelne durch und geht dabei von fünf Thatsachen (faits) und fünf „Monumenten“ aus:

1. Thatsache. Die Erde ist nach den Gesetzen der Schwere und der Centrifugalkraft unter dem Aequator erhöht, an den Polen abgeplattet.

---

*) George Louis Leclerc de Buffon wurde 1707 zu Montbard in Burgund als Sohn des begüterten Parlamentsmitgliedes Benjamin Leclerc geboren, beschäftigte sich anfänglich mit Physik und Mathemathik, wurde schon 1739 als Nachfolger von Dufay zum Intendanten des Pflanzengartens in Paris ernannt und mit dem Beinamen de Buffon in den Grafenstand erhoben. Starb in Paris 1788.

2. Thatsache. Die Erdkugel besitzt eine eigene, von der Besonnung unabhängige Wärme.
3. Thatsache. Die der Erde von außen, durch die Sonne zugeführte Wärme ist gering im Vergleich mit der Eigenwärme und reicht nicht aus zur Erhaltung der belebten Natur.
4. Thatsache. Die Gesteine, welche die Erde zusammensetzen, lassen sich durch Feuer verglasen.
5. Thatsache. Man findet überall, selbst auf den Gipfeln der höchsten Berge, eine Unmasse von Muscheln und anderen Ueberresten des Meeres.

Die zwei letzten Thatsachen werden ergänzt durch „fünf Monumente", welche besagen, daß alle Kalksteine aus Conchylien und anderen Meeresorganismen bestehen, die theilweise von ausgestorbenen oder doch in den benachbarten Gebieten unbekannten Arten herrühren; daß ferner im Norden von Europa, Asien und Amerika Zähne und Skelete von großen Landthieren in geringer Tiefe vorkommen, die offenbar einst daselbst gelebt haben, und daß im Innern der Continente die Kalksteine aus Meermuscheln zc. bestehen, welche theilweise ausgestorben sind oder nur noch in weit entfernten Meeren existieren.

Auf dieser Grundlage errichtet nun Buffon ein phantastisches, aber höchst anziehendes Gemälde von der Entstehung, Vergangenheit und Zukunft unseres Planeten. Es werden sechs (später sieben) Perioden unterschieden und die Dauer jeder einzelnen zu berechnen gesucht. Während der ersten Periode entstanden in Folge des Zusammenstoßes eines großen Kometen mit der Sonne sämmtliche Planeten unseres Sonnensystems. Die von der glühenden Sonne abgetrennten Massen bewegten sich in Folge des Stoßes alle in gleicher Richtung um das Centralgestirn und zugleich um ihre eigene Axe. Die aus Sonnensubstanz bestehende Materie unserer Erde ballte sich zu einem am Aequator etwas aufgetriebenen, an den Polen abgeplatteten Sphäroid zusammen und verharrte 2936 Jahre in schmelzflüssigem, selbstleuchtendem Zustand. Diese Zeitbestimmung ermittelte Buffon durch sinnreiche Versuche mit geschmolzenen Gußeisenkugeln von verschiedener Größe. Für den Mond ergaben sich auf derselben Grundlage 644, für den Merkur 2127, für den Mars 1130, für den Saturn 5140, für den Jupiter 9433 Jahre des gluthflüssigen Zustandes. Das Alter der Erde bis zu ihrer Ab-

kühlung auf die heutige Temperatur berechnete Buffon auf mindestens 74800 Jahre.

In der zweiten Periode (ca. 35000 Jahre) verfestigte sich die Erde bis zu ihrem Mittelpunkt und umgab sich mit einer Rinde verschiedener, aus schmelzbarer Substanz zusammengesetzter Gesteine. Große Hohlräume und ansehnliche, jedoch im Vergleich zur Gesammtmasse unbedeutende Erhabenheiten entstanden durch Gasentwickelung und unregelmäßige Zusammenziehung bei der Verfestigung der äußeren Schlackenkrusten, und so bildeten sich die ersten großen oceanischen Becken und die Hauptgebirge. Die flüchtigen Substanzen umhüllten als chaotische Dunstmasse den heißen Erdball und die durch Berstung der festen Rinde entstandenen Spalten füllten sich mit Sublimationen von Metallen und Mineralien aus und wandelten sich in Erz- und Mineralgänge um.

Bei Beginn der dritten Periode (ca. 15—20000 Jahre) war die Abkühlung soweit gediehen, daß sich das Wasser und ein Theil der flüchtigen Substanzen niederschlagen und die ganze Erdoberfläche bis zu einer Höhe von 2000 Toisen bedecken konnte. Nur die höchsten Berggipfel ragten aus dem Urmeer hervor. Das heiße Wasser zersetzte die Gesteine der Erdkruste, wandelte sie in Thon, Schiefer, Mergel und Sand um, welche sich in parallelen Schichten ablagerten; es bevölkerte sich sodann das noch immer warme Weltmeer mit zahllosen Organismen, deren Ueberreste die geschichteten Kalksteine bildeten. Die meisten der zuerst entstandenen Thiere (Ammoniten, Belemniten, Nummuliten 2c.) starben in Folge der fortschreitenden Abkühlung aus und wurden durch andere ersetzt. Da sich gleichzeitig das Niveau des Ozeans durch Einbrüche der Kruste und Eindringen in die großen unterirdischen Hohlräume beständig senkte, so stammen darum die auf den Bergen vorkommenden Kalksteine und Versteinerungen aus dem Beginn der dritten Epoche und sind älter als jene der tiefer gelegenen Ebenen. Die trockenen Theile der Erdoberfläche bedeckten sich gleichzeitig mit tropischen Gewächsen, deren Ueberreste stellenweise zu Steinkohlenflötzen zusammengeschwemmt wurden und einen Vorrath von Brennmaterial liefern, den die gütige Natur für die Bedürfnisse des kommenden Menschengeschlechtes aufgespeichert zu haben scheint. Die charakteristische nach Süden verjüngte Gestalt der Continente erklärt Buffon durch Strömungen der Wassermassen in der Richtung von Süd nach Nord.

In der vierten Periode (ca. 5000 Jahre) begann durch Anhäufung und Erhitzung brennbarer oder leichtzersetzlicher Substanzen, sowie durch das Zusammentreffen von Wasser mit denselben und mit dem heißen Erdinnern die Thätigkeit der Vulkane, welche vielerorts noch bis heute fortdauert. Aber nur in der Nachbarschaft des Meeres konnten sich Vulkane dauernd erhalten. Die von furchtbaren Erdbeben, Zusammenbrüchen in der Erdkruste und gewaltigen Ueberschwemmungen begleiteten Eruptionen erzeugten neue Berge aus vulkanischen Gesteinen (Auvergne, Velay, Vivarais, Vesuv, Aetna, Santorin ꝛc.) und veranlaßten große Veränderungen an der Erdoberfläche. Die sich immer mehr in Hohlräume zurückziehenden Gewässer des Ozeans furchten Thäler aus, welche später durch fließende und meteorische Gewässer weiter ausgearbeitet, vertieft und verbreitert wurden. Ungefähr 5000 Jahre wüthete der Kampf zwischen Feuer und Wasser, dem glücklicher Weise kein menschlicher Augenzeuge beiwohnte.

In der fünften Periode trat wieder Ruhe ein. Unter dem Aequator herrschte noch immer eine glühende Hitze, in den Polarländern war dagegen die Abkühlung soweit vorgeschritten, daß große Landthiere wie Elephanten, Rhinocerosse, Flußpferde (d. h. Mastodonten) daselbst entstanden und gediehen. Ihre Ueberreste finden sich in Nordeuropa, Nordasien und Nordamerika und beweisen, daß die Continente der nördlichen Hemisphäre damals noch miteinander in Zusammenhang standen. Die allmähliche Abkühlung gestattete nach und nach der Flora und den Landthieren ein Vorrücken in die gemäßigten und äquatorialen Regionen, wo sie sich ausbreiteten und theilweise bis jetzt fortdauerten. Nur in Amerika fanden sie im Isthmus von Panama eine unüberwindliche Schranke. Südamerika bevölkerte sich darum mit einer eigenen, selbständigen Thierwelt und brachte eine besondere Flora hervor.

In der sechsten Epoche trennten sich die Continente; die Erde nahm ihre heutige Gestalt an, wobei es freilich nicht ohne gewaltsame locale Umwälzungen (deucalionische, ogygische und mosaische Fluth) abging. Es entstanden das Mittelmeer und schwarze Meer; Großbritannien und Skandinavien lösten sich von Centraleuropa, die Antillen von Amerika, Formosa und die Sundainseln von Asien ab ꝛc. Zeuge dieser letzten Convulsionen der Erde war der nunmehr in die Schöpfung eingetretene Mensch. „Nackt an Geist und Körper suchte er auf Berggipfeln Zuflucht vor Ueberschwemmungen; verjagt

aus diesen Asylen durch das Feuer der Vulkane, zitternd auf einer Erde, welche unter seinen Füßen bebte, ausgesetzt den Unbilden der Elemente, ein Opfer der wilden Thiere, deren er sich nicht zu erwehren vermochte, durchdrungen von dem Gefühl der Angst und gedrängt durch die Nothwendigkeit, suchte er sich mit Seinesgleichen zur gemeinsamen Abwehr und gegenseitiger Unterstützung zu vereinigen und sich Wohnung und Waffen zu verschaffen. Er begann, Feuerstein und Jade zu schleifen und jene „Donnerkeile", die ersten Denkmäler menschlicher Kunstfertigkeit, herzustellen, von denen Viele glauben, sie seien vom Himmel gefallen. Er lockte Feuer aus Kieselsteinen hervor, verbrannte Wälder, um sich bewohnbares und anbaufähiges Land zu verschaffen und verbesserte dadurch das rauhe und feuchte Klima; er bearbeitete mit Feuersteinäxten Baumstämme, verschaffte sich Pfeil und Bogen für die Jagd und baute sich Boote zum Fischen. Nachdem sich das Menschengeschlecht in der sechsten Periode über die ganze Erdoberfläche verbreitet hatte, suchte es in der siebenten und letzten Epoche seine auf Cultur und Wissen begründete Weltherrschaft zu befestigen und diese wird dauern, bis unser Planet 25mal kälter ist als heutzutage und alles Flüssige erstarrt. Das ist das Ende der Schöpfung!"

Buffon's Größe beruht vor Allem in dem kühnen Aufbau seiner großartigen Theorie, worin das historische Element zum erstenmal in prägnanter Schärfe in Vordergrund tritt. Ein Vergleich der Époques de la nature mit den zum Theil kindischen Hypothesen seiner Vorgänger und Zeitgenossen zeigt am deutlichsten die geistige Ueberlegenheit des großen Naturforschers. Zahlreiche Irrthümer sind später aufgedeckt und widerlegt worden, allein die Grundgedanken der Buffon'schen Erdgeschichte haben sich als richtig bewährt. Die logische Durchführung seiner Ideen läßt kaum eine Lücke erkennen und wo sich Buffon in falsche Speculationen verirrt, fehlt es in der Regel an einer genügenden, durch den damaligen Zustand der Wissenschaft bedingten Grundlage; zuweilen bleiben allerdings auch die von anderen Forschern ermittelten Thatsachen theils aus Unkenntniß der damals viel schwieriger zugänglichen fremden Literatur, theils aus Geringschätzung derselben unberücksichtigt. In der Bemessung der Zeitdauer für die einzelnen Epochen bewegt sich Buffon auf einem ganz unsicheren Boden; die ermittelten Zahlen beruhen auf willkürlichen Annahmen, aber die mit größtem Nachdruck betonte Noth-

wendigkeit, in der Erdgeschichte mit langen Perioden zu rechnen, bedeutet einen der wichtigsten Fortschritte für die Entwickelung unserer Wissenschaft. Die Befreiung von der mosaischen Chronologie, die Erklärung der Sintfluth als locale Katastrophe beweisen Buffon's Unbefangenheit gegenüber den religiösen Vorurtheilen seiner Zeit. Die scharfe Trennung der in der zweiten Periode entstandenen Urgesteine von den sedimentären und jüngeren vulkanischen Gesteinen, die Erkenntniß, daß die ältesten Meeresbewohner ausstarben und durch andere ersetzt wurden, daß die Landsäugethiere erst spät und zwar in den Polarländern zuerst erschienen und sich von da gegen den Aequator verbreiteten, die auf thiergeographische Thatsachen basierte Annahme einer einstigen Verbindung der östlichen und westlichen Continentalmassen — sind Gedanken, deren Tragweite erst später richtig gewürdigt wurden. Neben diesen großen Lichtseiten darf allerdings nicht verschwiegen bleiben, daß Buffon's Ansichten über Gebirgs- und Thalbildung weit hinter Steno zurückbleiben und im Wesentlichen dem Telliamed entlehnt sind. Auch die Untersuchungen von Lehmann, Füchsel, Arduino u. A. über die gesetzmäßige Aufeinanderfolge der fossilführenden Gesteine waren Buffon entweder unbekannt oder wurden in ihrer Bedeutung unterschätzt, denn sonst hätte eine weitere Gliederung der Sedimentärgesteine der dritten Epoche in eine Anzahl zeitlich auf einander folgende Formationen nahe gelegen.

Buffon ist unstreitig der genialste Vertreter jener speculativen Richtung, welche im 16., 17. und 18. Jahrhundert in hohem Ansehen stand und auf deductivem Wege Probleme zu lösen versuchte, für deren Beantwortung es noch an einer genügenden empirischen Unterlage gebrach. Mit ihm schließt eine Periode ab, welche zwar eine Fülle brauchbaren Materials für die Erdgeschichte zusammengetragen hat und auch bereits zur Erkenntniß gelangt war, daß die Daten für eine solche in der Erde selbst zu suchen seien. Aber noch war der Schlüssel zur Feststellung einer chronologischen Reihenfolge der Ereignisse auf unserem Planeten nicht gefunden, noch herrschte Dunkel über die Entstehung vieler Gesteine, und noch fehlte es an genügendem Einblick in die Zusammensetzung und den Aufbau der Erdkruste, sowie in die gesetzmäßige Vertheilung der darin vorkommenden fossilen Ueberreste. Die Lösung dieser Fragen war der folgenden Periode beschieden.

Anmerkungen zur 2. Periode.

[1]) Venturi J. B. Essai sur les ouvrages phys. et mathém. de Léonard de Vinci, avec des fragments tirés de ses ouvrages manuscrits rapportés d'Italie. Paris 1797.

[2]) Bermannus sive de re metallica; später von A. Schmidt ins Deutsche übersetzt. Freiberg 1806.

[3]) De natura fossilium Lib. X und de veteribus et novis metallis L. II.

[4]) Bauhinus Joh. Historia fontis et balnei admirabilis Bollensis. Liber quartus. De lapidibus metallisque miro naturae artificio in ipsis terrae visceribus figuratis. Montisbelgardi 1548.

[5]) Mattioli. Discorsi sopra Dioscoride lib. V. 1551.

[6]) Faloppio. De fossilibus. 1557.

[7]) Olivi. De reconditis et praecipuis collectaneis a F. Calceolario Veron. in museo adservatis. Verona 1584.

[8]) Aldrovandi Ulysses. Museum metallicum 1648.

[9]) Kircher Athanasius. Mundus subterraneus 1664.

[10]) Lachmund Friedr. Oryctographia Hildesheimensis. Hildesh. 1669.

[11]) Kirchmaier Seb. De corporibus petrificatis. Wittenberg 1664. 4°.

[12]) Alberti Val. Dissert. de figuris variarum rerum in lapidibus et speciatim fossilibus comitatus Mansfeldiae. Lipsiae 1675. 4°.

[13]) Balbini Bohusl. Miscellanea historia regni Bohemia. Prag 1682. Fol.

[14]) Geyer Joh. Dan. De montis conchiferis et glossopetris Alzeyensibus. Francofort. 1687. 4°.

[15]) Reiske Joh. Jak. Dissert. de cornu Hammonis. Miscell. nat. curios. dec. 2. 1688.

[16]) Moscardi Ludov. Note overo memorii del Museo Moscardo. Padova 1656.

[17]) Chiocci Andreas. Museum Calceolarii. Verona 1622.

[18]) Plot Rob. Natural history of Oxfordshire. Oxfurt 1686. Fol. Amsterdam 1674.

[19]) Hartley Griff. De conchis fossilibus. Lipsiae 1685. 8°.

[20]) Lister Martin. Philosophical Transactions No. 76. London 1671.

[21]) Lister M. Histor. anim. Angliae tractatus. London 1678.

[22]) Luidius Ed. Lithophylacii Britannici ichnographia. London 1699.

[23]) Epistola de sceleto elephantino Tonnae nuper effosso. Jena 1696.

[24]) Palissy Bern. Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des émaux etc. Paris 1580.

[25]) Colonna Fabio. Osservazioni sugli animali aquatici e terrestri 1616.

[26]) Steno Nic. De solido intra solidum naturaliter contento. Florenz 1669.

[27]) Scilla Agostino. La vana speculazione desingannato dal senso. Napoli 1670; später (1724) in lateinischer Sprache unter dem Titel de corporibus marinis lapidescentibus quae defossa reperiuntur veröffentlicht.

[28]) Major Dan. Dissert. de lithologia curiosa sive de animalibus et plantis in lapidem versis. 1664.

[29]) Hooke Robert. Opera posthuma ed. Rich. Waller. Tractatus de terraemotis. London 1705.

[30]) Woodward Joh. Essay towards a natural history of the earth and terrestrial bodies etc. London 1695; auch ins Lateinische übersetzt von Joh. Jac. Scheuchzer unter dem Titel Specimen geographiae physicae qua agitur de terra et corporibus terrestris etc. Tiguri 1704.

[31]) Burnet T. Telluris theoria sacra, orbis nostri originem etc. London 1681. Englische Ausgabe 1684; deutsche Uebersetzung von J. J. Zimmermann. 1698.

[32]) Whiston W. A new theory of the earth. London 1696.

[33]) Wedel Georg Wolfg. De conchis saxatilibus in Ephemerides Academia naturae curiosum 1672.

[34]) Baier Joh. Jac. Oryctographia Norica. Norimberg. 1712 und Supplem. 1730.

[35]) Büttner Dav. Sigism. Rudera diluvii testes. Lipsiae 1710.

[36]) Liebknecht Joh. Georg. Hassiae subterraneae specimen etc. Francofurti 1759.

[37]) Hellwing G. A. Lithographia Angerburgica. Regiomont. 1717.

[38]) Scheuchzer J. J. Specimen Lithographiae Helveticae curiosae. Tiguri 1702.

[39]) Philosophical Transactions 1726 (London), ferner in Physica Sacra. Augusta Vindelic. 1731—35. Bd. I. S. 49. Tab. XLIX und in einer besonderen Schrift Homo diluvii testis et θεόσκοπος. Tigur. 1726.

[40]) Mylius G. Friedr. Memorabilia Saxoniae subterraneae. Lipsiae. I. 1704. II. 1718. 4°.

[41]) Wolfart Peter. Historiae naturalis Hassiae inferioris pars prima. Cassel 1719. Fol.

[42]) Volkmann. Silesiae subterranea. Breslau und Leipzig 1720.

[43]) Klein Jac. Theod. Specimen descriptionis Petrefactorum Gedanensium cum Syllabo Tabularum. Nürnberg 1770.

[44]) Gesner Joh. Tractatus de Petrificatis. Lugd. Batav. 1758.

[45]) B**. Traité de Pétrifications. Neuchâtel 1721.

[46]) Burtin. Oryctographie de Bruxelles 1784.

[47]) Mem. Acad. roy. des Sciences 1718 p. 3 und 287. — [48]) ibid. 1722.

[49]) d'Argenville Dezallier. Enumerationis fossilium, quae in omnibus Galliae provinciis reperiuntur tentamina. Paris. 1721.

[50]) Bertrand Elie. Dictionnaire universel des fossiles propres et des fossiles accidentels. 1763.

[51]) Rosinus Mich. Reinh. Tentaminis de Lithozois ac Lithophytis olim marinis jam vero subterraneis Prodromus. Hamburg 1718.

[52]) Wagner Petrus Christ. Dissert. de lapidibus judaicis. Hallae Magdeb. 1724.

[53]) Erhart Balthasar. De Belemnitis Suevicis Dissertatio. Augustae Vindel. 1727.

[54]) Breyn Joh. Phil. Dissertatio physica de Polythalamiis etc. — Commentatiuncula de Belemnitis Prussicis tandemque schediasma de Echinis. Gedani 1732.

[55]) Klein Jac. Theod. Naturalis dispositio Echinodermatorum mit 36 Tafeln. Danzig 1734. Eine spätere Ausgabe dieses wichtigen Werkes mit vielen Zusätzen und mit Einführung der binomischen Nomenclatur wurde 1778 von Leske veröffentlicht.

[56]) Knorr Georg Wolfgang. Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur und Naturgeschichte der Versteinerungen zur Erläuterung der Knorr'schen Sammlung, herausgegeben von J. E. Emmanuel Walch. Nürnberg 1755—1775.

[57]) Walch J. Das Steinreich, systematisch entworfen. Halle 1762.

[58]) de Lorenzo. Giordano Bruno nella Storia di Geologia. Boll. Soc. Natur. Napoli 1895.

[59]) Annales des Sciences naturelles vol. XXV. S. 397—376. Ein umfangreicher Auszug dieser Uebersetzung findet sich in K. Vogt's Lehrbuch der Geologie (Bd. II. S. 384—390).

[60]) Quirini. De Testaceis fossilibus Musei Septiliani. 1676.

[61]) Cartesii. Principia Philosophiae. 1685. (Daubrée G. Descartes l'un des créateurs de la Cosmologie et de la Géologie. Paris 1880.)

[62]) Ein Auszug dieser Schrift wurde 1693 in den Acta eruditorum, Lipsiae S. 40—50 veröffentlicht. Vollständig erschien sie erst nach dem Tode von Leibniz unter dem Titel: Protogaea, sive de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis, in ipsis naturae monumentis dissertatio, ex schedis manuscr. in lucem edit. a C. L. Scheidio.

[63]) Ray John. Three physico-theological discourses. London 1693.

[64]) Vallisneri Antonio. Dei Corpi marini che sui monti si trovano. Venezia 1721.

[65]) Moro Ant. Lazzaro. Dei Crostacei e degli altri marini corpi che si truovano su' monti. Venezia 1740. 4° mit 8 Tafeln. In's Deutsche übersetzt von Ehrhardt unter dem Titel: Neue Untersuchung der Veränderung des Erdbodens, nach Anleitung der Spuhren von Meer Thieren und Meeresgewächsen, die auf Bergen in trockener Erde gefunden werden. Leipzig 1751. 2. Aufl. 1755.

[66]) de Maillet. Telliamed ou entretien d'un Philosophe Indien avec un Missionaire François sur la diminution de la Mer, la Formation de la Terre, l'Origine de l'Homme etc. Mis en ordre sur les Mémoires de feu M. de Maillet par J. A. G. **. vol. I u. II. Amsterdam 1748.

[67]) Justi J. H. G. v. Geschichte des Erdkörpers aus seinen äußerlichen und unterirdischen Beschaffenheiten hergeleitet und erwiesen. Berlin 1771. 8°.

[68]) Joh. Esaias Silberschlag. Geogenie oder Erklärung der mosaischen Erderschaffung nach physikalischen und mathematischen Grundsätzen. Berlin 1780.

69) Strachey John. On the different strata of Earth particulary of such as are found in the coal mines of Great Britain. Philosoph. Transactions 1714 u. 1725.

70) Holloway. Philos. Transactions 1723.

71) Donati Vitaliano. Historia naturale marina del Adriatico. Venezia 1750.

72) Atti di Siena tom. III. p. 243. (1767.)

73) Targioni Tozetti. Viaggi in diverse parte della Toscana. 1751. — Prodromo della typographia fisica della Toscana. 1754. Dei monti ignifomi della Toscana e Relazione d'alcuni viaggi falti in diverse parte della Toscana. 1768—1770. Eine französische, etwas abgekürzte Ausgabe der Werke Targioni's erschien nach dem Tode des Verfassers unter dem Titel: Voyage minéralogique, philosophique et historique en Toscane. 2 vol. Paris 1792.

74) A new philosophical-chorographical Chart of East Kent. 1743

75) Versuch einer mineralogischen Beschreibung der gefürsteten Grafschaft Henneberg, chursächsischen Antheils. Leipzig 1775. 4°.

76) Mineralogische Geographie der chursächsischen Lande. Leipzig 1778 4°.

77) Veltheim A. F. v. Grundriß einer Mineralogie. Braunschweig 1781. Folio.

78) Guettard J. E. Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la Situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. Vorgelegt in der Akademie 1746 und veröffentlicht in den Mém. de l'Acad. roy. des sciences. 1755.

79) Guettard J. Et. Sur quelques montagnes de la France qui ont été Volcans. Mém. Acad. roy. des Sciences pour 1752 pag. 27 (publiés en 1756).

80) J. M. della Torre. Storia e fenomeni del Vesuvio. Napoli 1755. Uebersetzt in's Deutsche unter dem Titel: Geschichte und Naturbegebenheiten des Vesuvs von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1779. Altenburg 1783.

81) Paragallo G. Istoria naturale del Monte Vesuvio, divisa in 2 libri. Napoli 1705.

82) Falcone S. Discorso naturale delle cause ed effeti causati nell' incendio del Vesuvio con relazione del tutto. Napoli 1632.

83) Amato P. G. d'. Giudizio filosofico intorno ai fenomeni del Vesuvio. Napoli 1755.

84) Sir William Hamilton. Observations on Mount Vesuvius, Mount Etna and other volcanos. London 1774. (Eine deutsche Uebersetzung der ursprünglich in den Philosophical Transactions erschienenen Briefe wurde 1773 in Berlin veröffentlicht.

85) Campi Phlegraei or Observations on the Volcanos of the two Siciles. Naples 1776; mit einer Karte und 54 Tafeln; Folio; nebst Supplement 1779 mit 5 Tafeln. (Text in englischer und französischer Sprache.)

86) Mémoires de l'Académie des Sciences. Paris 1771, 72, 73 u. 79. Die erste und entscheidende Abhandlung Desmarest's wurde 1765 in der Aka-

demie gelesen, 1771 veröffentlicht; 1774 erschien seine geologische Karte der vulkanischen Auvergne.

[87]) Raspe R. E. Nachricht von niederhessischen Basalten und den Spuren eines erloschenen Vulkans am Habichtswalde. Schriften der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften 1771 u. 1774.

[88]) Strange. Philos. Trans. Roy. Soc. London 1775. vol. 65. 1.

[89]) Recherches sur les Volcans éteints du Vivarais et du Velay. Paris 1778. Folio.

[90]) Stukeley Will. On the causes of Earthquakes. Philos. Trans. 1750. V.

[91]) Hales Stephan. Some considerations on the causes of Earthquakes. Philos. Trans. 1750. V.

[92]) Beccaria. Dell' Elettricismo artificale e naturale. Torino 1753.

[93]) Michell. Essai on the causes and Phenomena of Earthquakes. Philosophical Transactions 1760.

[94]) Raspe R. E. Specimen historiae naturalis globi terraquei praecipue de novis e mare natis insulis. Amsterdam und Leipzig 1763.

[95]) Histoire naturelle. Vol. I. Théorie de la Terre. 1749.

[96]) Époques de la Nature. Suppléments à l'histoire naturelle. Tome IX u. X. 1778. Deutsche Uebersetzung: Natur-Epochen. St. Petersburg 1781.

3. Periode.

Das heroische Zeitalter der Geologie von 1790 bis 1820.

Als charakteristisches Merkmal dieses für die Entwickelung der Geologie bedeutungsvollsten Zeitabschnittes macht sich der Bruch mit jener Richtung geltend, welche die Entstehung und Entwickelung der Erde auf dem Wege der Speculation, ungebunden durch Naturgesetze und empirische Erfahrung zu erklären vermeinte. Die Ueberzeugung, daß auf diesem Wege kein Fortschritt zu erzielen sei, faßte immer tiefer Wurzel. Theorien und Systeme über Erdbildung und Erdgeschichte kamen vollständig in Mißcredit. Man verlangte nicht mehr neue Ideen, sondern Thatsachen. Das Interesse richtete sich jetzt in erster Linie auf die Untersuchung und Beschreibung der zugänglichen Theile der Erdkruste. Mit wahrem Feuereifer studierte man ihre Zusammensetzung und ihren Aufbau. Kühne Forscher wagten es, in die wildesten Theile der Hochgebirge einzudringen und bestiegen bis dahin für unerreichbar gehaltene Schneegipfel; opferwillige Reisende erforschten die menschenleeren Ebenen Sibiriens, die entlegenen Hochgebirge Asiens und Amerikas und brachten aus fernen Welttheilen eine Fülle von Beobachtungen nach Hause, die zum Vergleich mit den heimischen Verhältnissen aufforderten.

Als Vorkämpfer der namentlich von bergmännischer Seite gestützten nüchternen, naturhistorisch-beschreibenden Richtung erfreute sich der Freiberger Professor, Abraham Gottlob Werner einer unbestrittenen Autorität. Durch mündliche Belehrung, weniger durch Schriften oder Bücher, wußte dieser größte aller Lehrer der Mine-

ralogie und Geognosie seine zahlreichen Schüler für die exacte Beobachtungsmethode zu begeistern. Die richtige mineralogische Bestimmung der Gesteine nebst den darin vorkommenden Mineralien und besonderen Lagerstätten, die Feststellung ihrer Lagerungsverhältnisse, ihrer Mächtigkeit und gegenseitigen Beziehungen, sowie die Ermittelung ihrer Entstehung, betrachtete Werner als Hauptaufgaben der von ihm zuerst auf einer öffentlichen Lehrkanzel vorgetragenen Wissenschaft, welche er anfänglich Gebirgskunde, von 1780 an Geognosie nannte. Unter der von de Luc vorgeschlagenen Bezeichnung Geologie wollte Werner nur theoretische Speculationen über Entstehung und Geschichte der Erde verstanden wissen. Neben ihren großen Vorzügen hafteten der Werner'schen Methode doch auch erhebliche Mängel an. Die chronologische Reihenfolge der einzelnen Formationsglieder wurde nicht mit genügender Schärfe festgestellt, die Versteinerungen kaum zur Altersbestimmung der Schichtgesteine verwerthet und die Geschichte der organischen Schöpfung überhaupt nicht als Gegenstand der geognostischen Forschung anerkannt. In dieser Hinsicht wirkte der englische Ingenieur William Smith bahnbrechend. Indem er zuerst den unumstößlichen Beweis lieferte, daß die geschichteten Gesteine Englands am sichersten nach ihren organischen Einschlüssen erkannt und chronologisch angeordnet werden können, ergänzte er das vorzugsweise auf mineralogische Merkmale und Lagerungsverhältnisse begründete System Werner's in glücklichster Weise und wurde durch Einführung des paläontologischen Elementes Vater der historischen Geologie. Unabhängig von William Smith waren in Frankreich Alex. Brongniart und Cuvier durch ihre Untersuchungen im Pariser Becken zu ähnlichen Ergebnissen gelangt.

Damit erhielt die Versteinerungskunde ihre leitende Stellung in der Formationslehre. Die fossilen Ueberreste von Pflanzen und Thieren beanspruchten von nun an nicht nur als urweltliche Glieder der organischen Welt Interesse, sondern wurden auch chronologische „Denkmünzen" zur Altersbestimmung der Sedimentgesteine. Unter der Führung von Cuvier, Brongniart, Lamarck, v. Schlotheim, Sowerby u. A. nahm die Versteinerungskunde einen mächtigen Aufschwung und erstarkte nach und nach zu einer selbständigen Wissenschaft.

Im Gegensatz zu den gewaltigen Fortschritten, welche die empirische Kenntniß der Gesteine, der Zusammensetzung der Erdkruste, der

Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Formationen und der sie enthaltenden fossilen Organismen in der Periode von 1780 bis 1820 machte, bewegte sich die theoretische Geologie zumeist in veralteten Geleisen. Die Erdtheorien von de Luc und de la Métherie verfallen vielfach in abenteuerliche Phantasterei. Cuvier's Katastrophentheorie ist noch durch althergebrachte Irrthümer beeinflußt. Werner's Hypothesen über Erdbildung und Erdentwickelung erheben sich kaum über die im 17. und 18. Jahrhundert geläufigen Ideen, ja Werner wirkte durch seine verfehlten Ansichten über die Entstehung des Basaltes und der Vulkane und durch die einseitige Ausbildung der neptunistischen Lehre geradezu hemmend auf die Entwickelung der Geologie. Die Gegner der Neptunisten, wie Hutton, Dolomieu, v. Humboldt, v. Buch, Breislak, vertraten zwar zutreffendere Anschauungen, aber die wissenschaftliche Begründung der plutonistischen und vulkanistischen Lehre ließ doch noch sehr vieles zu wünschen übrig.

Im Ganzen finden wir aber am Schluß des vorigen und in den zwei ersten Dezennien des jetzigen Jahrhunderts auf allen Gebieten der erdgeschichtlichen Forschung eine überaus rege Thätigkeit. Die wissenschaftliche Grundlage für Geologie und Paläontologie wurde durch eine kleine Zahl bahnbrechender Forscher geschaffen und dem Beispiel eines Werner, Saussure, Al. v. Humboldt, Hutton, W. Smith, Cuvier, Brongniart u. A. folgend, bemühte sich eine stattliche Schaar von Anhängern dieser Geistesheroen die jugendlichen Disciplinen auszubilden und ihnen eine den übrigen Wissenschaften ebenbürtige Stellung zu verschaffen.*)

*) Die Hauptpflegestätten für mineralogische und geognostische Studien bildeten die Bergschulen; von denen Freiberg im Jahre 1765, Schemnitz 1770, St. Petersburg 1783 und Paris 1790 gegründet wurden. Auch die geologische Literatur ging wenigstens in Deutschland meist Hand in Hand mit der bergmännischen und mineralogischen. In Deutschland gab Voigt Mineralogisch-bergmännische Abhandlungen heraus (Weimar 1789—1791), die jedoch bald wieder eingingen. C. E. v. Moll's Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde (Salzburg 1797—1801), die vom Jahre 1802 unter dem Namen Annalen der Berg- und Hüttenkunde erschienen (Salzburg 1802—1805), aus denen dann die Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde (München 1805—1809) und schließlich die neuen Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde (1809—1826) hervorgingen, enthalten eine Menge wichtiger geologischer Abhandlungen über Geologie, Mineralogie und Bergbaukunde. K. C. Leonhard's Taschenbuch für die gesammte Mineralogie wurde 1807 begründet und nahm bald den ersten Rang unter den deutschen Zeitschriften ein, den es von 1830 an unter dem neuen Titel Jahrbuch für Mineralogie, Geologie

Pallas und Saussure.

Unter den Forschern, welche am Schluß des vorigen Jahrhunderts den geologischen Horizont am meisten erweiterten und auf Grund ausgedehnter Reisen und Naturbeobachtung die Oberflächengestaltung der Erde aus ihrer Zusammensetzung und der Art ihres Aufbaues zu erklären suchten, nehmen Pallas und Saussure die hervorragendste Stelle ein. Peter Simon Pallas, geboren 1741 in Berlin, entstammte einer angesehenen Gelehrtenfamilie. Sein Vater war Professor der Chirurgie, seine Mutter gehörte zur französischen Colonie. Dadurch entwickelte sich sein angebornes Sprachtalent frühzeitig und schon als Schüler beherrschte er neben seiner Muttersprache das Französische, Englische und Lateinische. Er studierte in Berlin, Halle und Göttingen Medizin und Naturwissenschaften und ließ sich nach einem Besuch Englands 1763 in Haag nieder, um ausschließlich der Wissenschaft zu leben. Entscheidend für seine ganze Zukunft wurde ein Ruf der St. Petersburger Akademie, die Leitung einer großen, von der Kaiserin Katharina II. beabsichtigten Expedition nach Sibirien zu übernehmen. Sechs Jahre (1786—1774) brachte Pallas unter unglaublichen Entbehrungen im östlichen Rußland und Sibirien zu und fand dabei Gelegenheit, den Ural und das Altaigebirge zu untersuchen. Theilweise noch während, theils nach der Reise ver-

und Petrefaktenkunde (Paläontologie) bis auf den heutigen Tag behauptet. — Ballenstedt's Archiv für die neuesten Entdeckungen in der Urwelt (Quedlinburg und Leipzig 1809—1824, 6 Bände) beschäftigt sich vorzugsweise mit dem Vorkommen von menschlichen Ueberresten, diluvialen Thieren, sonstigen Versteinerungen und Fragen theoretischer Natur. In Frankreich entspricht diesen deutschen Publicationen in erster Linie das Journal des Mines (Paris 1795 bis 1815), wovon 38 Bände veröffentlicht wurden. Vom Jahre 1816 erhielt diese Zeitschrift den Titel Annales des Mines, den sie noch heute trägt. Das von Rozier und de la Métherie herausgegebene Journal de Physique enthält viele theoretische Abhandlungen von de Luc und de la Métherie, aber auch wichtige petrographische Beiträge von Dolomieu, Cordier u. A. England erhielt im Jahre 1807 nach Gründung der Geological Society in London in den Transactions, später in den Proceedings und im Quarterly Journal dieser Gesellschaft besondere Organe für Geologie und Paläontologie; bis dahin fanden sich Abhandlungen aus diesen Disciplinen hauptsächlich in den Schriften der Royal Society von London und Edinburg, sowie in einer Anzahl von Journalen vermischten Inhaltes. Auch in den übrigen europäischen Staaten wetteiferten Akademieen und sonstige gelehrte Vereine mit einander in der Publication geologischer und paläontologischer Arbeiten.

öffentlichte er ein dreibändiges Reisewerk mit einer solchen Fülle von geographischen, geologischen, botanischen, zoologischen und ethnographischen Beobachtungen, wie sie bis dahin in so kurzer Zeit von einem einzelnen Forscher wohl noch niemals gesammelt worden waren. 1793 trat Pallas eine zweijährige Reise nach dem südlichen Rußland und der Krim an und lebte bis 1810 auf einer Besitzung in Taurien, welche ihm die Kaiserin Katharina geschenkt hatte. Kränkelnd und durch mancherlei Widerwärtigkeiten verletzt, kehrte er 1810 nach seiner Heimath zurück und starb 1811 in Berlin.

Pallas nahm eine hochangesehene Stellung in der wissenschaftlichen Welt ein; seine Erfolge erzielte er zwar in erster Linie auf zoologischem und geographischem Gebiete, aber auch in der Geologie hat er sich große Verdienste erworben. Seine geologischen Anschauungen sind in einer Abhandlung der Petersburger Akademie: Betrachtung über die Beschaffenheit der Gebirge (1777) und in dem physikalisch-topographischen Gemälde von Taurien (1794) niedergelegt. Nach Pallas bildet Granit den Kern aller Hauptgebirge. Er ist der Träger von verschiedenartigen versteinerungsfreien Schiefergesteinen, von Serpentin, Porphyr u. s. w., die in verticaler oder stark geneigter Stellung das Kerngestein bedecken. Auf diese folgen Thonschiefer und namentlich Kalksteine mit marinen Versteinerungen, welche innerhalb der Gebirge meist steil aufgerichtet sind und erst in größerer Entfernung von dem Gebirge horizontale Lagerung annehmen und sich alsdann immer reichlicher mit Muscheln, Schnecken, Ammoniten, Belemniten, Korallen u. s. w. erfüllen. Die niedrigen Hügel und Ebenen bestehen aus Sandstein, Mergel, rothem Thon mit Baumstämmen, Zweigen und Krusten von Landpflanzen oder aus lockerem Material mit Knochen von großen Landsäugethieren. Diesen letzteren schenkte Pallas besondere Aufmerksamkeit. Er constatierte an zahlreichen Fundstellen die erstaunliche Häufigkeit der Ueberreste von Mammuth, Rhinoceros und Bison in der sibirischen Ebene und beschrieb eine noch mit Haut und Haaren erhaltene, im Sand und Kies eingebettete Rhinocerosleiche vom Ufer des Wiluiflusses.

In der Schieferzone finden sich nach Pallas große Anhäufungen von Kiesen und Schwefelmetallen und diese wurden durch ihre Zersetzung die Ursache der Vulkane, deren Wirkungen jedoch nur die Gesteine über dem Granit berührten. Das Urmeer stand nach Pallas niemals mehr als 100 Toisen über dem jetzigen Meeresspiegel, so

daß die Granitkerne der Gebirge nicht davon bedeckt wurden. Alle aus Schiefer, Kalkstein und jüngeren Bildungen bestehenden Gebirge oder, wie er sie nannte, die Gebirge der zweiten und dritten Ordnung, verdanken vulkanischen Kräften ihre Erhebung. Die Schiefergebirge sind vor der Erschaffung lebender Wesen entstanden; nach ihnen wurden die Kalkgebirge aus dem Urmeer emporgehoben und zwar einige derselben, wie die Alpen, in verhältnißmäßig neuer Periode. Auf die letzten vulkanischen Eruptionen ist die Entstehung der Gebirge dritter Ordnung zurückzuführen. Die Erhebung der Gebirgsketten war stets von gewaltigen Erschütterungen des Bodens und sonstigen Veränderungen der Erdoberfläche begleitet; große Hohlräume entstanden in der Erdrinde und erfüllten sich mit Meerwasser und anderseits wurden Theile der Festländer durch Ueberfluthungen verheert. So wurden z. B. durch die Entstehung der Vulkane in der Südsee und dem indischen Ozean, „welche über einem einzigen vulkanischen Gewölbe zu stehen scheinen", die Gewässer vom Aequator nach den Polen getrieben und schleppten Pflanzen und Thiere aus Indien mit, die jetzt im Schutt der sibirischen Ebene begraben liegen. Auf diese Weise erklärte Pallas das massenhafte Vorkommen von Mammuth-, Rhinoceros- und Büffelknochen in Sibirien.

Obwohl Pallas nur unvollkommene Vorstellung von der Altersbestimmung der geschichteten Gesteine besaß, und obwohl seine Ansichten über Vulkane weder neu noch richtig waren, so zeichnen sich doch seine Beobachtungen über die Oberflächengestaltung und die Zusammensetzung der von ihm bereisten Länder durch ungewöhnliche Genauigkeit aus und verbreiten über ein bis dahin gänzlich unbekanntes, ungeheuer ausgedehntes Gebiet Licht. Sie bilden die Grundlage aller späteren geologischen Untersuchungen im östlichen und südlichen Rußland, im Ural, Altai und Sibirien. Sehr bemerkenswerth sind seine Andeutungen über den Aufbau, die Entstehung und die Altersbestimmung der Gebirge. Die Zusammensetzung eines Gebirges aus massigen Gesteinen, aus steil aufgerichteten, schwach geneigten und schließlich horizontalen Schichten wird von Pallas zum erstenmal eingehender geschildert. Aus den Lagerungsverhältnissen der Schichten zieht er Schlußfolgerungen auf das Alter der Gebirge, die zwar keineswegs zutreffend sind, aber doch schon das Problem der Gebirgsbildung von viel weiteren Gesichtspunkten erfassen, als es bis dahin geschehen war. Ueber den Aufbau von Gebirgen hatte John Michell[1])

allerdings schon 1760 sehr zutreffende Beobachtungen veröffentlicht, ohne jedoch daraus allgemeinere Schlußfolgerungen zu ziehen. Der ideale Gebirgsdurchschnitt des englischen Gelehrten zeigt in einem typischen Gebirg einen Kern von krystallinischen Massengesteinen, sowie eine Hülle von aufgerichteten und emporgehobenen Schichten, die ihrerseits wieder von jüngeren, schwach geneigten oder horizontalen Ablagerungen bedeckt werden, welche auch die benachbarten Ebenen zusammensetzen.

Unter den älteren Gebirgsforschern wird Horace Benedicte de Saussure stets die erste Stelle behaupten. Geboren 1740 in Genf, als Sprosse einer jener vornehmen und reichen Patrizierfamilien, welche seit dem vorigen Jahrhundert der Wissenschaft zahlreiche hervorragende Forscher geschenkt haben, genoß er eine überaus sorgfältige Erziehung und wurde schon im Alter von 22 Jahren Professor der Philosophie an der Akademie in Genf. Als Knabe durchstreifte er die Nachbarschaft seiner Vaterstadt, eifrig Pflanzen und Mineralien sammelnd. Bald genügten aber die niedrigen Berge bei Genf dem unternehmungslustigen jugendlichen Forscher nicht mehr. Mit 20 Jahren trat er seine erste Fußwanderung nach Chamounix an und von da an betrachtete er die Erforschung der westlichen Hochalpen als seine Lebensaufgabe. 1787 führte er an der Spitze einer wohl ausgerüsteten Expedition die erste Besteigung des Mont Blanc aus, im folgenden Jahre verweilte er 18 Tage auf dem Col de Géant in einer Höhe von 3362 m und zwischen 1789 und 1792 erklomm er die Gipfel des Monte Rosa, des Rothhorn und Breithorn. 1794 machte ein Schlaganfall seiner bergsteigerischen Thätigkeit ein Ende und 1799 beschloß er sein an Arbeit und Ehren reiches Leben.

Saussure's begeisterte Schilderungen der Alpenwelt beseitigten das Vorurtheil gegen die »Montagnes maudits«; er weckte das Verständniß für den bestrickenden Zauber des Hochgebirgs und wurde so der Begründer des jetzt blühenden Alpinismus. An Klarheit der Darstellung, Genauigkeit der Beobachtung, Vorurtheilslosigkeit und vorsichtiger Zurückhaltung in der Ableitung von Schlußfolgerungen, steht Saussure's großes Werk[2]) über die Alpen als schwer zu erreichendes Muster da. Sein Stil ist einfach, präcis, ohne rhetorischen Schmuck, entbehrt aber keineswegs der Eleganz. Von dem Gedanken ausgehend, daß nur in den unendlich mannigfaltigen Gebirgen, nicht in den gleichförmigen Ebenen das Studium der Erdgeschichte gefördert

werden könne, stellte er sich die Aufgabe, den Bau der Alpen zu enthüllen. Seine Aufmerksamkeit richtete sich zunächst auf ihre mineralogische Zusammensetzung, auf den Wechsel, die Anordnung und Lagerung der Gebirgsarten. Außerdem studierte er die topographischen, meteorologischen und physikalischen Verhältnisse in so vorzüglicher Weise, daß seine Höhenmessungen, seine Beobachtungen über die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre, über die magnetischen Zustände in Höhen und Tiefen, seine Bestimmungen der Schneelinie und der Wärmezunahme im Boden und in den Tiefen der Seen, seine Untersuchungen über Gletscher und über die Verbreitung der Pflanzen nach Höhenzonen einen unvergänglichen Gewinn für die physikalische Geographie bedeuten. Der Mangel an brauchbaren topographischen Karten, die ungenügende Kenntniß der Gesteine, die irrigen Vorstellungen über deren Entstehung und Anordnung stellten Saussure freilich große, heute schwer begreifliche Schwierigkeiten entgegen. Erst nach Vollendung der beiden ersten Bände wurde er mit Werner's geognostischem System und dessen Gesteinskunde vertraut und bemühte sich nunmehr, die erworbenen Kenntnisse, soweit als möglich in seinem Untersuchungsgebiete zu verwerthen. Wenn darum in den verschiedenen Bänden des Saussure'schen Werkes die Ansichten des Verfassers, namentlich die über Entstehung aufgerichteter Schichten, über die mächtigen Schuttmassen und Geröllablagerungen im Rhonethal und am Fuße der Alpen, über die Ausfurchung der Thäler ꝛc. mehrfach wechseln, so darf ihm daraus kein Vorwurf gemacht werden. Für Saussure war die richtige Beobachtung die Hauptsache, theoretischen Schlußfolgerungen legte er geringeres Gewicht bei. Seine Reiseschilderungen beginnen mit der Umgebung Genfs, mit dem Mont Salève, dem Rhonethal und dem südwestlichen Jura, sie erstrecken sich über die Dauphiné, die Tarentaise und Maurienne, über den Gebirgsstock des Mont Cenis, Ligurien, die Provence und das Rhonethal. Das Hauptfeld Saussure's wissenschaftlicher Thätigkeit liegt allerdings in der Umgebung des Mont Blanc und in den Walliser Alpen; doch wurden auch der St. Bernhard, der Gotthard, die Umgebung des Vierwaldstättersees und die Berner Alpen durchreist. Ueberall machte er die sorgfältigsten Beobachtungen über die vorkommenden Gesteinsarten, Mineralien und Versteinerungen. Mit großer Genauigkeit wurde insbesondere das Streichen und Fallen der Schichten eingezeichnet, der Aufbau des

Gebirges aber weder durch Profile, noch durch geologische Karten erläutert. Saussure weist nach, daß ähnlich wie im Ural, so auch in den Westalpen primitive Gesteine (Granit, Gneiß) den Kern des Gebirges bilden. An diese legen sich geschichtete Schiefergesteine von verschiedener Zusammensetzung ohne Versteinerungen in der Art an, daß sie ihre steilste Neigung fast immer gegen den Gebirgskern richten; weiter nach außen folgen secundäre Gesteine (Kalkstein, Sandstein, Conglomerate ꝛc.) mit schwächerer Neigung. Die charakteristische Fächerstellung der Schiefergesteine in den westschweizerischen Centralalpen wird mit aller Klarheit geschildert und der Nachweis geliefert, daß die Längsthäler und secundären Gebirgsketten dem Streichen der Schichten und den verlängerten Rücken folgen und der Hauptkette parallel laufen. Auch die unsymmetrische Ausbildung der westlichen Alpen, der steile Abbruch mit den tiefen Thälern im Süden und die allmählichere Abflachung nach Norden blieben Saussure nicht verborgen. Besondere Aufmerksamkeit schenkte er allenthalben den oberflächlichen Schuttmassen, den erratischen Gesteinsblöcken, den Schotter- und Kiesablagerungen in den Thälern, an den Gehängen und am Fuße der Alpen, dem Gerölle der Crau in der Provence und den Conglomeraten im Valorsine und am Rigi; überall suchte er die Herkunft der verschiedenen Gesteinstrümmer zu ermitteln. Saussure hält die Findlingsblöcke, Schuttmassen, Breccien und Conglomerate, von deren verschiedenem Alter er freilich keine Ahnung hatte, für Beweise eines gewaltigen Zusammenbruches (debâcle) der Erdkruste, wobei sich die Gewässer des Meeres in große Hohlräume zurückzogen und bei ihrer stürmischen Bewegung jene Gesteinsblöcke und Schuttmassen hinterließen. An eine Mitwirkung der Gletscher beim Transport der riesigen Findlingsblöcke dachte Saussure nicht im entferntesten, obwohl er an vielen Orten alte Moränen weitab von den Gletschern beobachtet hatte und auch die von ihm »Roches moutonnées« bezeichneten abgeschliffenen Rundhöcker vortrefflich kannte. Dem Abfluß der sich in unterirdische Hohlräume zurückziehenden Gewässer schrieb Saussure anfänglich auch die Ausfurchung der Thäler zu, erklärte ihre Bildung später aber durch fließendes und meteorisches Wasser. Ungeachtet der Reichhaltigkeit und Genauigkeit von Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse, das Streichen und Fallen der Schichten, gelangte Saussure doch zu keiner chronologischen Gliederung derselben. Nur in sehr unbestimmter Weise werden die secundären Gebirge von

den Primitivgebirgen unterschieden und die in der piemontesischen Ebene vorkommenden Ablagerungen als tertiär bezeichnet. In Betreff der aufgerichteten Schichten folgte Saussure anfänglich überlieferten Irrthümern, indem er sie durch Krystallisation entstehen ließ und lebhaft gegen eine nachträgliche Aufrichtung derselben durch vulkanische Eruptionen protestierte. Erst später überzeugte er sich durch das Vorkommen von Geröllen in aufgerichteten Sandsteinschichten und durch die gestörten Conglomeratablagerungen im Valorsine, daß alle geneigten Schichten ursprünglich horizontal abgelagert und nachträglich gehoben und aufgerichtet wurden. Daß die bewegende Kraft aber nicht der Vulkanismus sein könne, stand für Saussure außer Frage, da in dem von ihm untersuchten Gebiete jede Spur vulkanischer Thätigkeit fehle. Eine andere bessere Erklärung vermochte er freilich nicht zu geben. Bezüglich der Entstehung des Granites, der krystallinischen Schiefer und der Gesteinsgänge schließt er sich den Ansichten der neptunistischen Schule an.

Trotz der Zuverlässigkeit seiner empirischen Beobachtungen ist Saussure in den theoretischen Schlußfolgerungen meist wenig glücklich gewesen und hat darum auch auf die Entwickelung der Geologie nicht den seiner Bedeutung entsprechenden Einfluß ausgeübt. Er war von den unbefriedigenden Ergebnissen seiner Forschungen selbst so durchdrungen, daß er sein großes Werk mit dem Geständniß abschließt, er habe in den Alpen nichts beständig gefunden, als ihre Mannigfaltigkeit. Kein Ausspruch könnte die Bescheidenheit dieses außerordentlichen Mannes besser documentieren, der noch am Ende seines arbeitsvollen Lebens eine auch jetzt noch zu beherzigende Anleitung für reisende Geologen entwirft, worin er dem Beobachter in erster Linie unbedingte Wahrheitsliebe und Freiheit von vorgefaßten Meinungen empfiehlt, ferner Vertiefung in minutiöse Detailuntersuchung ohne darüber die Fähigkeit zur Ableitung allgemeiner Schlußfolgerungen zu verlieren.

A. G. Werner und seine Schule. Leopold von Buch. Alexander von Humboldt.

Unter allen Forschern, welche sich am Ende des vorigen Jahrhunderts mit Erdgeschichte befaßten, nimmt unstreitig Abraham Gottlob Werner*), Professor an der Bergakademie in Freiberg, die

*) Abraham Gottlob Werner ist am 25. September 1749 (nach Frisch 1750) zu Wehrau in der Oberlausitz (Sachsen) geboren. Er gehörte einer Familie

hervorragendste und einflußreichste Stellung ein. Werner war durch ungewöhnlich scharfe Beobachtungsgabe, durch die Fähigkeit Alles, was er gesehen, gehört und gelernt hatte, systematisch zu ordnen, unter allgemeine Gesichtspunkte zu bringen, und in unübertrefflicher Klarheit mündlich wieder zu geben, zum Lehrer prädestiniert. Eine bahnbrechende Abhandlung über die äußerlichen Kennzeichen der Fossilien verschaffte ihm schon im jugendlichen Alter eine hervorragende Stellung unter den damals lebenden Mineralogen. Sein Ruf erhöhte sich aber beträchtlich, als er von 1780 an auch neben der Mineralogie Vorlesungen über Gebirgskunde oder Geognosie, wie er diese bis dahin noch niemals öffentlich gelehrte Wissenschaft nannte, abhielt. Freiberg wurde nunmehr der Mittelpunkt für mineralogische und geognostische Studien; aus allen Ländern Europas eilten wißbegierige, zum Theil schon als selbständige Forscher erprobte Männer nach der kleinen sächsischen Bergstadt, um den Worten des gefeierten Meisters zu lauschen und sich von ihm in die Wissenschaft der Mineralogie und Geognosie einführen zu lassen.

Dem Zauber seiner liebenswürdigen und bescheidenen Persönlichkeit, dem Enthusiasmus, der seltenen Klarheit und Beredsamkeit, womit

an, die seit 300 Jahren im Berg- und Hüttenfache thätig war. Sein Vater, der Oberaufseher eines Salm'schen Eisenhammerwerks, weckte in dem frühreifen Knaben das Interesse für Mineralogie in dem Maaße, daß er sich bald eine gründliche Kenntniß der meisten damals bekannten Mineralien erwarb. Nach Besuch der Waisenhausschule in Bunzlau in Schlesien trat er als Gehilfe in das väterliche Geschäft; eine Erholungsreise nach Karlsbad führte Werner im 18. Jahre nach Freiberg, wo ihn der Anblick der berg- und hüttenmännischen Anlagen zum Studium der Bergwissenschaft begeisterte. Er bezog 1769 die Bergakademie, siedelte 1771 an die Universität Leipzig über, um sich daselbst die zum Staatsdienst erforderliche rechtswissenschaftliche Ausbildung zu verschaffen und schrieb hier seine erste Abhandlung über die äußerlichen Kennzeichen der Fossilien (Leipzig 1774). 1775 wurde Werner als Inspector der Sammlungen und als Lehrer der Mineralogie an die Bergakademie in Freiberg berufen, eine Stellung, die er über 40 Jahre lang, bis zu seinem Tode bekleidete. Er starb unvermählt am 30. Juni 1817 in Dresden, wohin er sich zur Heilung eines langjährigen Leidens begeben hatte. Abgesehen von zahlreichen, fast jährlich wiederkehrenden Badereisen nach Karlsbad, wobei er gelegentlich auch Regensburg, München und Nürnberg besuchte, hat Werner nur im Jahre 1802 eine einzige größere Reise nach Paris unternommen, wo er von den dortigen Fachgenossen mit großer Auszeichnung behandelt wurde. Seine Mineraliensammlung und reiche Bibliothek wurden nach seinem Tode für die Bergakademie in Freiberg erworben. (Literatur: Blöde K. A., Nekrolog, Dresden 1819. S. G. Frisch, Lebensbeschreibung A. G. Werner's, Leipzig 1825.)

er seine Wissenschaft vortrug, der Vielseitigkeit seines Wissens und der felsenfesten Ueberzeugung von der Richtigkeit seiner Lehre verdankt Werner seinen beispiellosen Lehrerfolg. Der jüngere Charpentier, v. Raumer, v. Engelhardt, v. Schlotheim, Alex. v. Humboldt, Leopold v. Buch, Voigt, Freiesleben, D. L. G. Karsten, Ch. Sam. Weiß, Mohs, C. F. Naumann; die Franzosen Brochant de Villiers, d'Aubisson de Voisins; die Engländer Hawkins, Weaver, Mitchell und Greenough; die Schotten Jameson und Maclure; die Skandinavier Wad und Esmarch; die Italiener Brocchi und Napione; der Portugiese d'Andrada und viele Andere erhielten ihre Ausbildung in Freiberg und verbreiteten die Lehre ihres gefeierten Meisters in der ganzen gebildeten Welt.

Werner wirkte mehr durch das lebendige Wort*) als durch den todten Buchstaben. Seine Abneigung gegen das Schreiben steigerte sich mit zunehmendem Alter so sehr, daß er sich kaum ent-

*) Der Eindruck von Werner's Vorlesungen auf seine Zuhörer ergibt sich am besten aus nachstehendem Bericht von d'Aubisson de Voisins (Annales de Chimie. T. LXIX p. 237), welcher dieselben im Jahre 1800 und 1801 besuchte:

»A mon arrivé à Freiberg, je fus reçu chez un conseiller des mines, et un minéralogiste (M. de Charpentier) entièrement opposé à Werner sous tous les rapports; il m'inspira son éloignement, et je restai deux ans à l'école des mines, sans vouloir même suivre le cours de ce professeur. Enfin j'y allais, mais avec les préventions les plus défavorables: les commencements les confirmèrent. Les préliminaires de son cours de Géognosie renfermaient des details, des lieux communs sur la cosmologie et la géographie physique connus de toutes les personnes instruites (qui cependant, ne l'étaient pas de la majeure partie de ses auditeurs). Mais lorsqu'il vint à traiter de la structure des masses minérales, de leur stratification, de leur superposition, de l'histoire de chacune d'elles, tous ces objets me parurent extrêment intéressants; et je dois le dire, il est impossible de le présenter d'une manière plus séduisante et plus propre à en pénétrer que ne le fait Werner. Ici sa manière de professer est au comble de la perfection; il n'a jamais écrit un mot sur ses objets dont il a à parler; ainsi ce n'est ni une froide lecture, ni un froid débit d'une leçon apprise par coeur: avant d'entrer dans son auditoire, il se recueille un instant dans son cabinet, il s'y rapelle la matière, dont il va traiter; ensuite il l'éxpose d'abondance, et avec un tel enchaînement et une telle gradation dans les idées qu'il fixe regulièrement l'attention de ses auditeurs, et qu'il les pénètre complettement de son objet. Il les en pénètre souvent jusqu'à l'enthousiasme; et c'est au sortir de ses leçons que tant de personnes sont allées courir les montagnes de la Saxe, de toute l'Allemagne, de la Hongrie, de la Suisse, de la France etc.«

schließen konnte, selbst die wichtigsten Briefe zu beantworten. Cuvier erzählt, daß er das Schreiben, welches ihm die Wahl als auswärtiges Mitglied der französischen Akademie mittheilte, uneröffnet liegen ließ und niemals beantwortete. Abgesehen von einer Anzahl mineralogischer Abhandlungen und einer kurzen Classification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten[3]), hat Werner nur ein einziges Werk über die Entstehung der Gänge[4]) und eine Reihe kleinerer Aufsätze über Basalt, Trapp und die Entstehung der Vulkane veröffentlicht. Den Inhalt der von ihm begründeten Wissenschaft suchte Werner in mündlichem Vortrag darzulegen und zwar gestaltete er seine Vorlesungen im Verlauf der Jahre stets von Neuem, indem er nur kurze Notizen benützte und sich stets bemühte, die jüngsten Errungenschaften der Wissenschaft zu berücksichtigen. Ueber seine theoretischen Anschauungen und den specielleren Inhalt seiner Vorträge sind wir fast ganz auf die Aufzeichnungen seiner Schüler angewiesen, die in abgekürzter oder erweiterter Form gedruckt wurden, jedoch die Ansichten des Lehrers nicht immer in der von ihm gewünschten Weise wiedergaben und darum von Werner selbst mehrfach abgelehnt wurden. Am zuverlässigsten dürfte die Werner'sche Geognosie im 3. Theil des umfangreichen Lehrbuchs der Mineralogie von Franz Ambros Reuß (Leipzig 1801—1803), in d'Aubisson de Voisins Traité de Géognosie (Strasbourg et Paris 1819) und in Jameson's Elements of Geognosy (Edinburgh 1808) dargestellt sein. Werner selbst hat nur in einem zu Dresden gehaltenen Vortrag eine allgemeine Einleitung zur Geognosie veröffentlicht.[5])

Geognosie nannte Werner die Wissenschaft, „welche uns den festen Erdkörper überhaupt kennen lehrt, und uns mit den verschiedenen Lagerstätten der Fossilien (d. h. Mineralien), aus denen er besteht und mit der Erzeugung und dem Verhalten derselben gegen einander bekannt macht." Werner's Vorlesungen beginnen mit allgemeinen Betrachtungen aus der mathematischen und physikalischen Geographie und mit einer Erörterung der Agentien, welche verändernd auf die Gestalt unseres Planeten einwirken. Bei der Schilderung des Baus der Erdkruste und ihrer Zusammensetzung werden die Gebirgsarten nach ihrer Structur, Lagerung und chronologischen Aufeinanderfolge als allgemeine oder als besondere Lagerstätten und Erzgänge eingehend beschrieben.

Werner unterschied eine größere Anzahl von Gesteinsformationen (Schiefer-, Kalk-, Trapp-, Porphyr-, Kohlenstoff-, Talk-, Gyps-For-

mation), welche sich in verschiedenen Zeiten wiederholen, sogenannte Formationssuiten bilden und Perioden in der Erdgeschichte repräsentieren. Diese Formationssuiten sind:

1. Das Urgebirge mit den Formationen: Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Urkalk, Hornblendeschiefer, Quarzit, Grünstein, porphyrartiges Urtrappgestein, Porphyr, Syenit, Syenitporphyr, Pechstein, Perlstein, Obsidianporphyr, Serpentin, Chlorit- und Talkschiefer, Urgyps, Topas- und Schörlfels. Versteinerungen fehlen.
2. Das Uebergangsgebirge mit den Formationen: Thonschiefer, Kieselschiefer, Grauwacke, Uebergangsgrünstein, Uebergangsgyps und den ersten Versteinerungen.
3. Das Flötzgebirge mit den Formationen: Alter Sandstein, (rothes Todtliegendes), Steinkohle, alter Flötzkalk, Mergel, Zechstein, Rauchwacke, bunter Sandstein, Flötzgyps, Steinsalz, Muschelkalk, Quadersandstein, Kreide, Wacke, Basalt, Mandelstein, Trapptuff, Porphyrschiefer, Pechkohle, Braunkohle.
4. Das aufgeschwemmte Gebirge mit den Formationen: Nagelflue, Sand, Thon, Laimen, Gerölle, Gruß, Seifengebirge, Kalktuff, bituminöses Holz, Alaunerde.
5. Vulkanische Gesteine, zerfallend in ächt vulkanische (Lava, vulkanische Auswürflinge, Rapilli, Asche, Peperin, Bimsstein, Tuff, Traß), und pseudovulkanische Gesteine (gebrannter Thon, Porzellanjaspis, Erdschlacken, Polierschiefer).

Das Urgebirge bezeichnet den chaotischen Zustand der Erde vor der Existenz organischer Wesen, wo alle Gesteine durch chemische Krystallisation in wässeriger Lösung entstanden. In der Uebergangsperiode bereiteten sich die späteren Stürme vor, die Thonschiefer sind noch chemische, die Grauwacken bereits mechanische Absätze. Während der Flötzgebirgsbildung wechselten Sturm und Ruhe miteinander ab; zu verschiedenen Malen zogen sich die Gewässer zurück und überflutheten sodann von Neuem die jungen Festländer. Am Schluß begann die vulkanische Thätigkeit, verursacht durch brennende Kohlenflötze.

Werner's Hauptverdienst beruht vornehmlich in der bis dahin unerreichten Genauigkeit und Schärfe, womit er die verschiedenen Gesteine mineralogisch charakterisierte und deren Verbreitung, Anordnung und Aufeinanderfolge zu bestimmen suchte. Streichen, Fallen, Lagerung

und wechselseitige Beziehungen der verschiedenen Formationen standen stets im Vordergrund seines Interesses; für die verschiedenen Arten der Lagerung wurde eine feste Terminologie eingeführt und dadurch eine präcise und klare Darstellung geognostischer Beobachtungen ermöglicht. Seine ausgedehnten bergmännischen Kenntnisse befähigten ihn, die bei der Untersuchung nutzbarer Lagerstätten und Erzgänge angewandte exacte Methode auch auf größere Gesteinscomplexe zu übertragen.

Leider stützte Werner seine Ideen über Zusammensetzung, Aufbau und Entstehung der Erde auf ein winziges Gebiet. Als er seine Classification der Gebirgsarten aufstellte, kannte er aus eigener Anschauung kaum mehr als das Erzgebirge und die zunächst angrenzenden Theile von Sachsen und Böhmen. Seine späteren Reisen blieben ohne wesentlichen Einfluß auf das einmal geschaffene System. Diese Beschränktheit geognostischer Anschauung, die einseitige Berücksichtigung des Gesteinscharakters, die Vernachlässigung der organischen Ueberreste bei der Altersbestimmung der Formationen und namentlich die gänzlich verfehlten Ansichten über die Entstehung der krystallinischen Massengesteine und der Vulkane beeinträchtigten die Dauerhaftigkeit des Werner'schen „neptunistischen“ Lehrgebäudes in hohem Grade. Nach Werner sind alle Gesteine, wie der ganze Erdkörper selbst, aus wässeriger Lösung entweder als chemische oder mechanische Niederschläge entstanden, die vulkanischen Producte nur umgeschmolzene, ursprünglich sedimentäre Gesteine. Sämmtliche Gebirgsarten befinden sich noch heute an derselben Stelle und im Wesentlichen auch in derselben Lage, wo und wie sie entstanden sind. Sie wurden als horizontale oder schwach geneigte Sedimente im Wasser abgesetzt; Schichten mit einer Neigung von mehr als 30° verdanken ihre Stellung localen Ereignissen, wie Einbrüchen von Hohlräumen, Bergschlupfen u. dgl., allein diese örtlichen Störungen übten auf den Zusammenhang der Schichten im Großen geringen Einfluß aus; dieselben umgeben vielmehr, wie die Schaalen einer Zwiebel, gleichmäßig den ganzen Erdkörper. Hebung von ausgedehnten Landstrichen, Aufrichtung von Gebirgen galten Werner trotz Pallas und Saussure als fremdartige und unerwiesene Erscheinungen. Durch periodisch wiederkehrende Ueberfluthungen erklärte er die Vernichtung der urweltlichen Organismen und durch Schwankungen im Wasserstand der Ozeane die Entstehung von Inseln und Festländern. Die Unebenheiten der Erdoberfläche, die

Entstehung von Thälern und Gebirgen schrieb er wie de Maillet und Buffon ausschließlich der erodierenden Thätigkeit des Wassers und zwar in erster Linie den Strömungen der abfließenden Meere zu.

Eine verhängnißvolle Rolle für das Werner'sche System spielt der Basalt. Ursprünglich dem Urgebirge beigezählt, wurde er später in die jüngere Abtheilung des Flötzgebirges gestellt. Im Jahre 1788 veröffentlichte Werner[6]) eine Mittheilung über einen Besuch der Scheibenberger Basaltkuppe im Erzgebirge. „Der auf Gneiß ruhende Basalt wird von seiner Unterlage durch mehrere Schichten von Gruß, Sand, Thon und Wacke getrennt. Diese Schichten verlaufen ganz allmählich in einander und selbst Wacke verläuft sich unten in Thon, sowie oben in Basalt. Dieser Basalt, Wacke, Thon und Sand sind somit alle von einer Formation, sind alle durch nassen Niederschlag aus einer und derselben ehemaligen Wasserbedeckung dieser Gegend entstanden." — Ueberhaupt „aller Basalt ist nassen Ursprungs und von einer und zwar sehr neuen Formation. Aller Basalt machte ehedem ein einziges ungeheuer weit verbreitetes mächtiges Lager aus, das von der Zeit größtentheils wiederum zerstört worden, und wovon alle Basaltkuppen Ueberbleibsel sind."

Gegen diese „neue Entdeckung", wodurch Werner mit den Ergebnissen der sorgfältigen Untersuchungen von Desmarest, Raspe, Arduino und Faujas de Saint-Fond in Conflict gerieth, erhob ein Werner'scher Schüler Voigt[7]) sofort Widerspruch, indem er, fußend auf seine Beobachtungen der Basaltberge im Hochstift Fulda, den Scheibenberger Hügel für eine vulkanische Lavamasse erklärte, welche über eine Sandschicht geflossen sei. Werner blieb in der zwischen ihm und Voigt sich entspinnenden Polemik[8]) hartnäckig auf seinem Standpunkt stehen und lieferte schließlich 1789 eine Abhandlung[9]), worin er die Entstehung der Vulkane durch brennende Kohlenflötze erklärte. Liegen die letzteren unter Basalt, so wird dieser geschmolzen und in Lava verwandelt. Der Streit über die Natur des Basaltes und über die Entstehung der Vulkane entbrannte in Deutschland so heftig, daß die Fehde zwischen Neptunisten und Vulkanisten eine Zeitlang fast alle anderen Interessen in Hintergrund drängte. Eine Menge Kraft und Zeit wurde auf Fragen verschwendet, die im Ausland längst entschieden waren und bereits alle Bedeutung verloren hatten.

Die „Neue Theorie der Erzgänge"[5]), womit Werner seine literarische Thätigkeit abschloß, enthält eine historische Darstellung der

verschiedenen Ansichten über Gänge und deren Entstehung, sowie eine Begründung seiner eigenen Theorie, wornach alle Gänge als ehemalige Spalten zu betrachten sind, die von oben durch wässerige Solutionen ausgefüllt wurden. Obwohl die Werner'sche Theorie heutzutage für die meisten Gesteins- und Erzgänge aufgegeben ist, so enthält das 256 Seiten starke Werk doch eine Menge wichtiger und neuer Beobachtungen über die Zusammensetzung der Erzgänge und geradezu bahnbrechende Ideen über deren verschiedenes Alter und die Methode ihrer Altersbestimmung. Mit großer Entschiedenheit wird die Ausfüllung der Gangspalten durch Lateralsecretion, durch aufsteigende „gährende" Gewässer oder durch verwandeltes Nebengestein bekämpft.

Wurden Werner's epochemachende Verdienste um die Begründung der Geognosie durch seine wenig glücklichen theoretischen Speculationen nicht unerheblich geschmälert, so galt er doch unbestritten um die Wende des 18. Jahrhunderts als Erster unter den damals lebenden Mineralogen und Geologen. Seinem persönlichen Einfluß ist es zuzuschreiben, daß das neptunistische System sich mehrere Dezennien hindurch behaupten konnte und erst zusammenbrach, als drei der bedeutendsten Schüler Werner's, d'Aubisson de Voisins, Leopold v. Buch und Alexander v. Humboldt in das gegnerische Lager übertraten. Wenn Werner hinsichtlich der specielleren Gliederung des Flötzgebirges nicht wesentlich über Lehmann, Füchsel und Charpentier hinausgeht, so hat sein System doch den großen Vorzug der Universalität. Es sucht die Erde als Ganzes zu umfassen. Statt einer Localbeschreibung liefert Werner ein allerdings mit vielen Mängeln behaftetes ideales Bild von der Zusammensetzung der Erdkruste. Es ist darum überall anwendbar und zugleich umbildungsfähig.

Unter den Werner'schen Schülern nimmt als Geologe Leopold v. Buch unbedingt die erste Stellung ein. Obwohl sein entscheidender Einfluß erst nach Werner's Tod beginnt und seine bedeutendsten Arbeiten in die Periode zwischen 1820 und 1860 fallen, so gehört v. Buch doch schon von 1796 an zu den fruchtbarsten Schriftstellern und Forschern auf dem Gebiete der Geognosie und zu den hervorragendsten Begründern der wissenschaftlichen Geologie.

Leopold v. Buch ist am 26. April 1774 auf Schloß Stolpe bei Angermünde als Sprosse einer alten, begüterten Adelsfamilie in der Uckermark geboren. Schon als Knabe zeigte er das lebhafteste Interesse für Naturwissenschaften, beschäftigte sich mit Vorliebe mit

physikalischen, mineralogischen und chemischen Studien und trat im 16. Lebensjahre (1790) in die Bergakademie zu Freiburg ein, woselbst er mit Alex. v. Humboldt und Freiesleben freundschaftliche Beziehungen anknüpfte. Zu seinem Lehrer G. A. Werner, in dessen Haus er fast drei Jahre wohnte und von dem er in das Studium der Mineralogie und Geognosie eingeführt wurde, stand er im innigsten, niemals getrübten Freundschaftsverhältniß. Schon als Student machte v. Buch verschiedene Studienreisen nach dem Erzgebirge und Böhmen und veröffentlichte eine Abhandlung über die Gegend von Karlsbad. Zwischen 1793 und 96 studierte er in Halle und Göttingen und lernte in dieser Zeit den Harz, Thüringen und das Fichtelgebirge kennen. 1796 wurde er Bergreferendar in Schlesien, schied aber schon 1797 aus dem Staatsdienste aus, um sich völlig der Wissenschaft zu widmen. Seine wichtige Abhandlung über die Gegend von Landeck und der Entwurf einer geognostischen Beschreibung von Schlesien sind die Früchte seines schlesischen Aufenthaltes. Den Winter 1797 brachte v. Buch gemeinschaftlich mit Alex. v. Humboldt in Salzburg zu, und im Frühjahr 1798 trat er seine erste Reise durch die Alpen nach Italien an. Ein Besuch der Euganeen und der Gegend von Vicenza und ein längerer Aufenthalt in Rom, wobei das Albanergebirg vielfach durchwandert wurde, erregte bei dem begeisterten Schüler Werner's die ersten Zweifel an der Richtigkeit der neptunistischen Lehren. Allein auch ein fünfmonatlicher Aufenthalt in Neapel, der vorzugsweise dem Vesuv gewidmet war, konnte Leop. v. Buch noch nicht von der Unhaltbarkeit der Werner'schen Ansicht über die Entstehung des Basaltes überzeugen. Nach einem Besuche in Paris kehrte er 1799 nach Berlin zurück, erhielt dort den Auftrag, den damals noch unter preußischer Regierung stehenden Canton Neuchâtel auf das Vorkommen nutzbarer Mineralien zu untersuchen. Neuchâtel wurde nun das Standquartier für zahlreiche Ausflüge in die Alpen und in den Jura, wobei alle Beobachtungen sorgsam in Karten eingetragen wurden. Mehrere Abhandlungen über die Alpen und ein geistvoller Aufsatz über die Verbreitung großer Gesteinsblöcke (Alpengeschiebe) durch gewaltige Ströme, der übrigens erst 1811 in der Berliner Akademie vorgetragen wurde, verdanken dem Aufenthalt in Neuchâtel ihre Entstehung. Ein Besuch der Auvergne im Jahre 1802 erschütterte seine bisherigen Anschauungen über die Entstehung des Basaltes und Trachytes, doch blieb v. Buch auch nach einem zweiten Aufenthalt in Neapel im Jahre 1805,

woselbst er Gelegenheit hatte, mit Alex. v. Humboldt und Gay Lussac eine allerdings nicht sehr heftige Eruption dieses Vulkans zu sehen, im Wesentlichen der Werner'schen Schule treu. Eine zweijährige Reise nach Schweden, Norwegen und Lappland zwischen 1806 und 1808 lieferte das Material zu seinem Reisewerk „durch Norwegen und Lappland", wodurch sein Ruhm als scharfer Beobachter und feiner, geistreicher Schriftsteller fest begründet wurde. Er lieferte den Beweis, daß auch in dem damals noch wenig bekannten hohen Norden die Lagerungsverhältnisse der Gesteine zwar im Wesentlichen der Werner'schen Formationslehre entsprechen, daß jedoch der Granit nicht überall das älteste Gestein darstelle, sondern bei Christiania auf dem Uebergangskalk liege. Auch über die Herkunft der Findlingsblöcke in der germanischen Tiefebene gab v. Buch genauere Auskunft und ebenso bestätigte er durch den Nachweis alter Strandlinien und Uferterrassen die schon von Hell, Linné und Celsius gemachten Beobachtungen von Schwankungen im Meeresspiegel und erklärte dieselben durch eine Hebung des Festlandes und nicht wie seine Vorgänger durch eine Senkung des Wasserspiegels.

Die folgenden Jahre beschäftigte sich v. Buch hauptsächlich mit dem Bau und der Entstehung der Alpen, mit Gebirgsbildung und mit petrographischen Studien. Nun zog es aber den unermüdlichen Forscher, der die glänzenden Studien seines Freundes v. Humboldt an den süd- und mittelamerikanischen Vulkanen mit höchstem Interesse verfolgt hatte, wieder mächtig nach einem neuen vulkanischen Gebiet. Er besuchte 1815 mit dem englischen Botaniker Ch. Smith die canarischen Inseln und veröffentlichte darüber 1826 seine berühmte Monographie „Physikalische Beschreibung der canarischen Inseln", worin seine Aufsehen erregende Hypothese der Erhebungskrater näher begründet und der Unterschied zwischen Central- und Reihenvulkanen festgestellt wurde. 1817 befand sich v. Buch in Schottland, auf der Insel Staffa und dem Riesendamm; dann wieder in den Alpen, deren Erhebung er jetzt, im schroffsten Gegensatz zu der Werner'schen Schule der Wirkung aufsteigender Eruptionsgesteine zuschrieb. Die eigenthümliche vulkanische Dolomittheorie entstand unter dem Einfluß eines Besuches des Fassathals. 1826 schloß Leop. v. Buch mit der Herausgabe einer geognostischen Karte von Deutschland in 24 Blättern, die bis 1843 fünf Auflagen erlebte, der Hauptsache nach seine vielseitige geologische Thätigkeit ab und widmete sein Interesse

vorzugsweise den Versteinerungen und der Gliederung der fossilführenden Ablagerungen. Eine Reihe bahnbrechender Arbeiten über Cephalopoden, Brachiopoden, Cystoideen haben tiefe Spuren in der Geschichte der Paläontologie hinterlassen und eine kurze, aber inhaltreiche Abhandlung über den Jura in Deutschland (1838) bildet noch heute die Basis für die Gliederung dieser lange verkannten Formation.

Noch im hohen Alter machte er alljährlich Reisen, namentlich in die Alpen und war ein fleißiger Besucher der Naturforscher-Versammlungen. v. Buch erregte auf Reisen schon durch seine äußere Erscheinung Aufmerksamkeit. Bekleidet mit Kniehosen, schwarzen Strümpfen und Schnallenschuhen, machte er seine Wanderungen größtentheils zu Fuß. Sein Gepäck bestand aus einer leichten Reisetasche mit einem frischen Hemd und einem Paar seidener Strümpfe. Die Taschen seines schwarzen Rockes waren vollgestopft mit Notizbüchern, Karten und geologischen Werkzeugen. Seine körperliche Ausdauer wurde nur durch die eiserne Willenskraft übertroffen, mit welcher er alle Schwierigkeiten und Entbehrungen zu überwinden wußte. Eine sorgfältige Erziehung, aristokratische Umgangsformen, die Beherrschung fremder Sprachen und die Vielseitigkeit seiner Bildung nicht nur in Naturwissenschaften, sondern auch in Geschichte und Literatur machten v. Buch zu einem ungewöhnlich anziehenden Gesellschafter. Seine unabhängige Lebensstellung, sein wissenschaftlicher Ruhm und seine persönlichen Beziehungen nicht nur zu seinen Fachgenossen, sondern zu den leitenden Kreisen in Berlin, verschafften ihm einen großen Einfluß, von dem er in der edelsten Weise lediglich im Interesse der Wissenschaft Gebrauch machte. Er starb hochbetagt und unvermählt nach kurzem Unwohlsein am 4. März 1852 in Berlin.

Leopold v. Buch galt mit vollem Recht für den größten Geologen seiner Zeit. Kein Gebiet der Geologie war ihm völlig fremd; er kannte einen ansehnlichen Theil von Europa aus eigener Anschauung. Ueberall, wo er hinkam, verbreitete er mit größter Bereitwilligkeit sein reiches Wissen und war da, wo er uneigennützige Liebe zur Wissenschaft fand, unermüdlich bereit, mit seinen eigenen Mitteln zu helfen, zu belehren. Aber ebenso schroff konnte er anmaßender Mittelmäßigkeit oder Zudringlichkeit entgegen treten. Sein Spott und Tadel waren ebenso gefürchtet, wie sein Lob geschätzt. Er haßte nichts mehr als Unwahrheit und trat stets mit rückhaltsloser Offenheit für seine Ueberzeugung ein. Leopold v. Buch war ein scharfer Denker, ein

wunderbarer Beobachter, der das Gesehene mit meisterhafter Klarheit und stilistischer Formvollendung zu schildern verstand. Seine sämmtlichen Schriften wurden nach seinem Tode vereinigt und in einer Gesammtausgabe von J. Ewald, J. Roth, H. Eck und W. Dames (Berlin 1867—1877) veröffentlicht.

An Vielseitigkeit und philosophischer Tiefe wurde Leopold v. Buch von seinem Freund und Studiengenossen Alexander v. Humboldt übertroffen; als Geologe dagegen war er dem gefeierten Autor des Kosmos entschieden überlegen. Alex. v. Humboldt[10]) entstammte, wie Leop. v. Buch, einer angesehenen märkischen Adelsfamilie und ist 1769 in Berlin geboren. Er studierte zuerst in Göttingen, dann im Jahre 1791—92 bei Werner in Freiburg. Nach Vollendung seiner Studien kam er als Oberbergmeister von Bayreuth und Ansbach nach Steben im Fichtelgebirge, woselbst er Aufsehen erregende Beobachtungen über die magnetischen Eigenschaften des Serpentins und anderer Gesteine veröffentlichte. Im Jahre 1793 besuchte er die Steinsalzgruben im Salzkammergut und Galizien, verließ jedoch 1796 den Staatsdienst, um sich völlig der Wissenschaft zu widmen. Den Winter 1797 auf 1798 verbrachte er mit seinem Freunde Leopold v. Buch in Salzburg, wo er sich mit meteorologischen und erdmagnetischen Beobachtungen, sowie mit barometrischen und trigonometrischen Höhenmessungen beschäftigte. Eine im Jahre 1799 veröffentlichte Abhandlung über die Entbindung des Wärmestoffes als geognostisches Phänomen (1799) charakterisiert bereits den stets auf Verallgemeinerung gerichteten Sinn Humboldt's. Durch geistreiche Combination der Laplace'schen Theorie mit den Werner'schen Anschauungen von der Entstehung der ältesten wässerigen Niederschläge, wird das Tropenklima früherer Erdperioden zu erklären versucht und wenn auch heute diese Abhandlung fast der Vergessenheit anheimgefallen ist, so enthält sie doch eine Menge fruchtbarer Ideen, die anregend wirkten und späteren Untersuchungen über klimatische Verhältnisse der Vorzeit als Richtschnur dienten. Im Besitz eines nicht unbeträchtlichen Vermögens faßte nun Humboldt große Reisepläne, zu deren Vorbereitung er sich im Mai 1798 nach Paris begab. Im Juni 1799 trat er, begleitet von dem Botaniker Aimé Bonpland, seine fünfjährige Reise nach Central- und Südamerika an. Obwohl diese Expedition in erster Linie physikalisch-geographische und botanische Ziele im Auge hatte, so schenkte Humboldt doch seine besondere Aufmerksamkeit auch den Vulkanen, Erdbeben und dem geo-

logischen Bau des neuen Continents. Ja ein Hauptmotiv seiner Reise war, wie er selbst angibt, die Prüfung einer von ihm aufgestellten Hypothese über das parallele Streichen der die Gebirge zusammensetzenden Gesteinsschichten. Während seines Aufenthaltes im Fichtelgebirge war ihm aufgefallen, daß die älteren Gebirgsglieder stets ein Streichen von SW. nach NO. einhalten; dasselbe Streichen fand er im Erzgebirge, in den Salzburger Alpen und im Rheinischen Schiefergebirge und daraus folgerte er nun, daß sämmtliche ältere Gebirgsschichten der Erde in südwest-nordöstlicher Richtung streichen und die Meridiane mit einem constanten Winkel von ca. 52° kreuzen. Beobachtungen in Columbia und in den Küstengebirgen des Golfs von Mexico führten zu gleichem Ergebniß. Aus dieser Uebereinstimmung glaubte Alex. v. Humboldt ein wichtiges und allgemein gültiges geologisches Gesetz ableiten zu dürfen, wonach das gleichartige Streichen der älteren Schichten ganz unabhängig vom Verlauf der Gebirgsketten durch eine Kraft geregelt werde, welche in den ursprünglichen Attractionsgesetzen der Materie unseres Planeten ihre Ursache habe. Das vermeintliche Gesetz des Loxodronismus, auf welches v. Humboldt großes Gewicht legte, hat sich freilich nach jeder Richtung hin als unhaltbar herausgestellt und ist heute völlig vergessen.

Humboldt landete nach kurzem Aufenthalt in Teneriffe in Venezuela und wurde im November 1799 zu Cumana zum erstenmal Zeuge eines Erdbebens; nach einer eingehenden Untersuchung Venezuela's und einer längeren Reise im Orinocogebiet verweilte Humboldt von Dezember 1800 bis März 1801 in Cuba und begab sich dann nach Neugranada, Peru und Ecuador, woselbst er sich bis 1803 aufhielt, um dann noch ein Jahr in Centralamerika zuzubringen. Im Sommer 1804 kehrte er ruhmbedeckt über Havana und Nordamerika nach Paris zurück, wo er sich mit Biot, Gay Lussac und Arago in physikalische und chemische Studien vertiefte und mit der Veröffentlichung seines großen, 20 Bände starken Werkes »Voyages aux Régions équinoxiales du Nouveau Continent« begann, das trotz zahlreicher Mitarbeiter nie vollständig zum Abschluß kam und den Rest seines Vermögens verschlang. Im Frühjahr 1805 besuchte er Italien und erlebte mit Gay Lussac und Leop. v. Buch eine Eruption des Vesuvs.

Humboldt's Hauptverdienst um die Geologie beruht in seinen Untersuchungen über Vulkane und Erdbeben, denen er stets Gesichts-

punkte von allgemeiner Bedeutung abzugewinnen wußte. So schließt er z. B. seine Schilderung der amerikanischen Vulkane mit einer Zusammenstellung aller auf der ganzen Erdoberfläche bekannten vulkanischen Erscheinungen und sucht aus mancherlei Beobachtungen zu beweisen, daß die Heerde benachbarter Vulkane miteinander in Verbindung stehen. Er betont ferner den Zusammenhang von Vulkanen und Erdbeben in den Küstenländern des mexicanischen Golfs und der Antillen, woselbst unterirdische Erschütterungen auf einem Gebiet von mehreren tausend Quadratmeilen fast gleichzeitig bemerkt wurden. Humboldt's Bericht über die großartige Katastrophe im Jahre 1759, welche die Entstehung des Jorulla und fünf anderer Berge, sowie die Bedeckung eines 4 Quadratmeilen großen Landstriches mit einer fast 500 Fuß hohen Masse von Lava, Sand und Schlacken zu Folge hatte, gehört zu den bemerkenswerthesten Beiträgen der älteren vulkanischen Literatur. Auch erregte der Nachweis einer 150 Meilen langen von Ost nach West quer durch Centralamerika streichenden Spalte, auf welcher die gewaltigen Vulkankegel von Tuxtla, Orizaba, Puebla, Toluca, Tancitaro und Colima stehen, allgemeines Interesse.

Die Municicenz des Königs von Preußen setzte v. Humboldt in die Lage, seinen Wohnsitz in Berlin oder Paris zu wählen und während seines fast zwanzigjährigen Aufenthaltes in Paris (1808 bis 1827) verfaßte er sowohl eine Anzahl Abhandlungen, die den Grundstock seiner „Ansichten der Natur“ bilden, als auch ein speciell geologisches Werk »Essai géognostique sur le gisement des Roches dans les deux Hemisphères. Paris 1822.« Mit diesem Werk hat Alex. v. Humboldt seine literarische Thätigkeit auf geognostischem Gebiete so ziemlich abgeschlossen, da er nach der Rückkehr in seine Vaterstadt Berlin dem großartigen Plan einer physikalischen Weltbeschreibung näher trat, der allerdings erst 20 Jahre später durch Herausgabe des „Kosmos“ seine Verwirklichung fand. Während der Periode, die der Ausarbeitung dieses großartigen Werkes gewidmet war, hielt Humboldt 1827—28 seine berühmten Vorlesungen über physikalische Erdkunde an der Universität und in der Singakademie und bereiste 1829 in Begleitung von Gustav Rose und Ehrenberg das asiatische Rußland, den Ural und Sibirien bis zum Altai. Die geologischen und mineralogischen Ergebnisse dieser Reise, auf welcher vorzugsweise die metallischen Lagerstätten am Ural, sowie die Gold

und Platin führenden Alluvionen eingehend untersucht wurden, sind in einem selbständigen Werk Humboldt's[12]) und in verschiedenen Abhandlungen von G. Rose veröffentlicht. Alex. v. Humboldt starb am 6. Mai 1859 in Berlin im 90. Lebensjahre. Wenn auch viele geologischen Ideen des großen deutschen Naturforschers keinen dauernden Bestand hatten und von den specielleren Forschungen eigentlich nur die über Vulkanismus einen nachhaltigen Einfluß auf die Entwickelung der Geologie ausübten, so ist doch die mächtige Anregung, welche Humboldt auf weite Kreise ausübte, nicht hoch genug anzuschlagen und wie in Frankreich Buffon und Cuvier der jungen Wissenschaft zahlreiche Freunde und Anhänger zuführten, so waren in Deutschland nach Werner's Tod die Dioskuren v. Humboldt und L. v. Buch die wirksamsten Vertreter der geologischen Interessen.

Aber nicht nur der größte Naturforscher, sondern auch der größte Dichter Deutschlands, Wolfgang v. Goethe, war durch Werner für das Studium der Mineralogie und Geognosie begeistert worden. Mit regem Interesse folgte er der Entwickelung dieser Wissenschaften, schrieb selbst mehrere Abhandlungen über allgemeine geognostische Fragen und beschäftigte sich eingehend mit der Untersuchung der Gegend von Karlsbad, Franzensbad und dem Fichtelgebirge. Als Werner'scher Schüler konnte sich Goethe mit den Lehren der Plutonisten nicht befreunden, wenn er auch die unhaltbare Stellung der schroffen Neptunisten wohl durchschaute. In beredten Worten verleiht er in den „Geologischen Problemen" seinem Unmuth über die widersprechenden und schwankenden Theorieen der beiden Parteien Ausdruck, ohne sich jedoch für die eine oder die andere zu entscheiden. Von nennenswerther Bedeutung sind übrigens Goethe's Leistungen auf dem Gebiete der Geognosie nicht.

Hutton, Playfair und Hall.

Während der geognostische Prophet in Freiberg vor einer sich stets erneuernden Schaar begeisterter Schüler seine Lehre verkündete und durch überzeugte Sendboten in der ganzen gebildeten Welt zur Geltung brachte, bereitete in aller Stille ein einfacher schottischer Privatgelehrter ein Werk vor, dem zwar der momentane Erfolg versagt blieb, das aber noch lange nach dem Zusammenbruch der neptunistischen Dogmatik eine geradezu entscheidende Bedeutung für die moderne Entwicklung der Geologie erlangte.

James Hutton, der Autor der berühmten »Theory of the Earth«, war der Sohn eines Kaufmanns und wurde am 3. Juni 1726 in Edinburg geboren. Seine wissenschaftliche und medicinische Ausbildung erhielt er theils in seiner Vaterstadt, theils in Paris und Leyden. Er verzichtete jedoch auf die Ausübung des ärztlichen Berufs, bewirthschaftete ein ererbtes Landgut in Berwickshire und beschäftigte sich vorzugsweise mit chemischen und geologischen Studien. Die Betheiligung an einem industriellen Unternehmen versetzte ihn in die Lage, sich 1768 in's Privatleben nach Edinburg zurückziehen zu können, wo er in einem Kreis hochgebildeter Männer verkehrte und in vielseitiger Weise wissenschaftlich thätig war. Er schrieb ein umfangreiches Werk philosophischen Inhalts, Abhandlungen über Meteorologie und Landwirthschaft. Zahlreiche Reisen hatten ihn mit der Bodenbeschaffenheit von Schottland, England und Nordfrankreich vertraut gemacht und stets erneute Ausflüge in der Nachbarschaft von Edinburg befestigten seine geologischen Ideen, welche er jedoch erst 1785 auf vielfaches Drängen seiner Freunde in einer vor der Edinburger Royal Society gelesenen Abhandlung zusammenfaßte.[12]) Hutton's gehaltvolle Schrift fand theils wegen des mit so vielen werthlosen Publicationen der damaligen Zeit übereinstimmenden Titels, theils wegen der abstracten, nicht ganz leicht verständlichen Darstellungsweise geringe Beachtung. Als sie aber 1793 von dem Dubliner Mineralogen Kirwan in geringschätziger und gehässiger Weise angegriffen wurde, entschloß sich der schottische Denker zu einer abermaligen, verbesserten und mit vielen Zusätzen versehenen Ausgabe seines Lebenswerkes.[13]) Es war sein Schwanengesang; zwei Jahre später (1797) erlag er einem Leiden, das seine letzten Lebensjahre mehrfach getrübt hatte.

Die ursprüngliche Abhandlung Hutton's zerfällt in 4 Abschnitte. Im ersten wird auseinandergesetzt, daß die aus einem festen Kern und einer Hülle von Wasser und Luft bestehende Erde von jeher großen Veränderungen an ihrer Oberfläche ausgesetzt war. Unermeßlich lange Zeiträume waren erforderlich, um den jetzigen Zustand herbeizuführen. Die Ereignisse der Vergangenheit können aber am besten beurtheilt werden durch Vorgänge, welche noch jetzt Veränderungen hervorrufen. Die Erdveste, soweit sie der Beobachtung zugänglich ist, besteht zum größten Theil aus sandigen oder thonigen Schichten, Geröllen und Kalkstein, welche auf dem Grund des Ozeans entstanden

sind. Die ersteren sind aus zusammengeschwemmten Trümmern des Festlandes, die Kalksteine aus Schalen und Resten von Meerthieren aufgebaut. Außer diesen im Wasser entstandenen Sedimentbildungen gibt es noch ursprüngliche primäre Gesteine, wie Granit, welche in der Regel die marinen Sedimentgesteine unterlagern. In früheren Perioden bot die Erde den Anblick eines ungeheuern Ozeans dar, aus dem Inseln und Continente hervorragten. Es muß somit eine Kraft geben, welche einerseits die Sedimente in der Tiefe des Ozeans verfestigte, andererseits Theile des Meeresbodens emporhob und in Land umwandelte. Diese Kraft kann nur die Hitze sein, da Wasser weder die Porosität der geschichteten Massen zu beseitigen, noch das Bindemittel (Quarz, Feldspath, Fluor, Schwefel, Metalle) der meisten Gesteine zu liefern vermag, weil dieses in der Regel in Wasser unlöslich ist. Dagegen sind die meisten festen Gesteine mit kieseligen oder schwefeligen Substanzen vermengt oder mit Bitumen und Kohle imprägniert und lassen sich, ebenso wie die kalkigen Gesteine, durch Hitze in flüssigen Zustand umwandeln. Hutton sucht dann zu beweisen, daß die durch Umschmelzung in der Tiefe unter dem Druck des darüber lastenden Ozeans erfolgte Verfestigung der geschichteten Gesteine sich auf der ganzen Erde in gleicher Weise vollzogen habe. Ebenso sind auch die ungeschichteten massigen Gesteine, wie Whinstone, Porphyr und Granit aus einem heißen Schmelzfluß erstarrt.

Im dritten Abschnitt wird gezeigt, daß die auf dem Grund des Ozeans verfestigten Gesteinsschichten durch die ausdehnende Kraft der Wärme theilweise aus dem Wasser emporstiegen und die jetzigen Festländer bildeten. Dabei wurden die ursprünglich horizontalen Schichten gebogen, aufgerichtet und zerbrochen und die theils bei der Erhärtung, theils bei der Aufrichtung der Schichten entstandenen Spalten oder Klüfte durch von unten eindringende Substanzen (Mineralien, Erze und Gesteinsmassen) ausgefüllt. Zur Verhinderung einer übermäßigen Erhebung der Continente durch die unterirdische Expansivkraft sind die Vulkane geschaffen. Ueber die ganze Erde verbreitet, gestatten sie dem geschmolzenen Magma der Tiefe an die Oberfläche zu dringen und sich dort auszubreiten. Vulkanische Eruptionen fanden aber auch in früheren Perioden statt. Die dabei emporgepreßten, jedoch nicht bis an die Oberfläche gelangenden Magmen füllten entweder Spalten aus und bildeten Gänge, oder sie wechsellagern mit

den im Wasser entstandenen Straten. Zu diesen in der Tiefe und unter hohem Druck entstandenen Gesteinen (subterraneous lavas) gehören der Whinstone (= Trapp, Grünstein, Mandelstein, Wacke, Basalt), der Porphyr und, wie Hutton in einer späteren Abhandlung nachweist, auch der Granit. Im Gegensatz zu den blasigen und schlackigen Laven zeichnen sich die in der Tiefe unter dem Druck des Ozeans und der darüber lastenden Sedimente entstandenen Gesteine durch compacte krystallinische Structur aus.

Der vierte Abschnitt sucht nachzuweisen, daß das Material der im Wasser gebildeten Strata entweder vom Festland herstamme oder durch kalkschalige Meerthiere geliefert werde. Daraus gehe aber hervor, daß vor den jetzigen Continenten, welche zumeist aus gehobenen Schichten bestehen, frühere Festländer existiert haben, deren Denudation das Material zu den sandigen und thonigen Gesteinen lieferte, und daß es vor den jetzigen Meeresbewohnern andere gegeben habe, die diesen mehr oder weniger ähnlich waren und die Kalksteine der gehobenen Continente bildeten. Die Existenz von Thieren setzte aber auch die von Pflanzen in früheren Perioden voraus, und in der That seien die ins Meer verschwemmten Reste derselben in Form von Steinkohle, Bitumen und verkieseltem Holz in den Erdschichten begraben. Die Zerstörung der einstigen Festländer durch Verwitterung, mechanische Erosion und Abschwemmung nahm ohne Zweifel unermeßlich lange Zeiträume in Anspruch, denn in historischer Zeit haben, wie aus den Berichten der griechischen und römischen Autoren hervorgehe, nur geringfügige Aenderungen stattgefunden. In dem Maaße aber, als neue Festländer durch die Expansivkraft der Wärme aus dem Ozean emportauchen, werden ältere Continente zerstört, und so ist der Erde die Fähigkeit verliehen, sich immer wieder zu verjüngen. Das Resultat des Hutton'schen Gedankenganges gipfelt in dem Satz: »that we find no vestige of a beginning, — no prospect of an end«.

Vergleicht man Hutton's Theorie der Erdbildung mit jener Werner's oder anderer zeitgenössischer und älterer Autoren, so unterscheidet sie sich von diesen vortheilhaft dadurch, daß jede Schlußfolgerung auf streng inductivem Wege durch vorausgeschickte beobachtete Thatsachen begründet ist, daß keinerlei übernatürliche oder unbekannte Kräfte in Anspruch genommen und daß alle früheren Ereignisse durch

Erscheinungen erklärt werden, welche sich noch jetzt beobachten lassen. Der unentwickelte Zustand der Physik und Chemie in der Zeit Hutton's veranlaßte freilich mancherlei Irrthümer über die Entstehung von Mineralien und Gesteinen. So wird heute kein Geologe mehr mit dem Satz übereinstimmen, daß Hitze alle sedimentären Gesteine erhärtet und theilweise umgeschmolzen habe, und ebensowenig wird man die Entstehung von Feuerstein, Achat, verkieseltem Holz u. dgl. durch Umschmelzung anerkennen; allein die spätere Hypothese des regionalen Metamorphismus der krystallinischen Schiefergesteine ist ebenso eine weitere Ausbildung der Hutton'schen Anschauungen, wie die jetzt allerdings in anderer Weise begründete Unterscheidung von Tiefen- und Ergußgesteinen. Auch der Satz, daß die Geologie mit unermeßlich langen Zeiträumen zu rechnen habe, und daß kleine aber lange andauernde Kräfte gleiche Wirkung haben können, wie mächtige, aber nur plötzlich und kurze Zeit thätige Eingriffe, wurde vor Hutton niemals in so überzeugender Weise ausgesprochen. Für die Emporhebung der Continente ist Hutton's Erklärung weder völlig neu, noch sonderlich befriedigend, und auch von der Bedeutung der Versteinerungen als chronologische Documente für den Entwicklungsgang der organischen Schöpfung hatte Hutton keine klare Vorstellung. Trotz dieser Mängel wird Hutton's Erdtheorie stets eine der bedeutendsten Leistungen auf dem Gebiete der Geologie bleiben. Viele seiner von späteren Forschern, namentlich von Ch. Lyell, weiter ausgebildeten Ideen leben noch heute, wenn auch in anderer Form, fort und bilden die Grundlage unserer modernen geologischen Anschauungen. Hutton hat zuerst erfolgreich die bis dahin herrschende Annahme von gewaltsamen Erdkatastrophen bekämpft, zuerst die Verbindung von Gängen und Apophysen mit tiefer gelegenen Massen von Granit nachgewiesen, zuerst den Unterschied zwischen Lava und den in der Tiefe unter hohem Druck erstarrten massigen Gesteinsmassen betont, zuerst den Granit als Erstarrungsproduct eines heißflüssigen Magmas erklärt und somit im Gegensatz zu der neptunistischen Schule die Lehre vom „Plutonismus“ begründet.

Hutton's bedeutende und liebenswürdige Persönlichkeit verschaffte ihm unter den Mitgliedern der Edinburger Akademie zahlreiche enthusiastische Anhänger, unter denen namentlich Sir James Hall und der Mathematiker John Playfair hervorragen. J. Hall (1762—1831) versuchte auf experimentellem Wege zuerst den Einwurf

zu entkräften, daß durch Schmelzen krystallinischer Gesteine lediglich dichte glasartige Massen entstünden, indem er verschiedene Varietäten aus der Gruppe des Whinstone, sowie Laven vom Vesuv und Aetna einer Umschmelzung unterwarf und nach einer Reihe von negativen Versuchen, welche in der That Glasflüsse ergaben, endlich durch langsame Abkühlung des geschmolzenen Magmas krystallinische, steinartige Erstarrungsproducte erzielte.[14]) Ja durch verschiedene Regulierung der Temperatur und der Erstarrungszeit konnte Hall schließlich nach Belieben grobe und feinkrystallinische Massen erzeugen. Diese Versuche bewiesen, daß sich in der That unter gewissen Voraussetzungen durch Abkühlung krystallinische Massengesteine bilden können. Nach diesem Erfolg dehnte Hall seine Versuche auch auf Kalksteine aus[15]), welche ja nach der Hutton'schen Theorie ebenfalls eine Umschmelzung erfahren haben sollen. Da aber Kalkstein beim Glühen, wie von gegnerischer Seite eingewendet worden war, seine Kohlensäure abgibt und sich in Aetzkalk umwandelt, so brachte Hall Kreide oder Stückchen von Kalkstein in fest verschlossene Porzellanröhren oder Flintenläufe und setzte dieselben einer sehr hohen Temperatur aus. Die Kohlensäure konnte unter diesen Bedingungen nicht entweichen, und so bildete sich beim Umschmelzen des Kalksteins unter dem hohen Druck der eingeschlossenen Luft und der freien Kohlensäure eine zuckerkörnige, marmorartige Substanz. Hall folgerte daraus, daß ein Druck von 52 Atmosphären oder eine Meerestiefe von 1700 Fuß erforderlich sei, um Kalkstein, 3000 Fuß Meerestiefe, um Marmor zu erzeugen, und 5700 Fuß, um den kohlensauren Kalk vollständig in Fluß zu bringen. Aus diesen Versuchen, welche später von Watt[16]), Fleurieu de Bellevue, Drée[17]) wiederholt und bestätigt wurden, ergab sich, daß krystallisierte Massen nicht ausschließlich, wie die Werner'sche Schule annahm, auf nassem Wege, sondern auch auf feuerflüssigem Wege entstehen können. Weitere Experimente von J. Hall suchten die Faltungen und Biegungen der Schiefergesteine zu erklären. Er beschwerte horizontal ausgebreitete, abwechselnde Lagen von Tuch und Thon mit Gewichten und setzte sie starkem seitlichen Druck aus. Diese in neuester Zeit häufig wiederholten Versuche liefern Erscheinungen, welche mit den Schichtenstörungen in der Erdkruste die auffallendste Aehnlichkeit besitzen.

Hatte auf diese Weise Hall, der Begründer der experimentellen Geologie, einen der gewichtigsten Einwürfe gegen die Hutton'sche Theorie entkräftet, so machte sie John Playfair*) weiteren Kreisen zugänglich[18], indem er in lichtvoller populärer Form die Hutton'schen Anschauungen wiedergab und dieselben darauf in 26, zum Theil umfangreichen Noten erläuterte. Playfair entfernt sich in keinem wesentlichen Punkt von den Ansichten seines Freundes und Meisters, allein viele Fragen, welche in der Theory of the Earth nur flüchtig gestreift sind, erhalten erst durch Playfair ihre eingehende wissenschaftliche Begründung. Besonderes Interesse beanspruchen die Bemerkungen über die Aufrichtung und Biegung von Schichten, über den Whinstone und über den Granit. Die Entstehung von krystallinischen Tiefengesteinen unter hohem Druck wird eingehend erörtert, das Vorkommen von Granit in Gängen an verschiedenen Stellen Schottlands und Englands beschrieben. In trefflicher eingehender Weise bespricht Playfair die Entstehung von Thälern und Seen durch fließendes Wasser. Für den Transport der großen scharfkantigen erratischen Blöcke nimmt Playfair Gletschereis als einzig mögliches Vehikel zu Hilfe. Hat Playfair das Verdienst, zuerst auf die transportierende Kraft des Eises aufmerksam gemacht zu haben, so verdankt man ihm auch eine erste Zusammenstellung der in Europa beobachteten Senkungen und Hebungen des Festlandes. Er erklärt die alten Strandlinien und Fluthmarken in Schweden und Schottland entschieden durch eine Hebung des Landes und nicht wie Celsius und Linné durch einen Rückzug des Ozeans. Ein Stil von musterhafter Klarheit und Präcision, sowie eine scharfe, niemals mit physikalischen Gesetzen im Widerspruch stehende Beweisführung sichern dem classischen Werk Playfair's allezeit eine hervorragende Stellung in der geologischen Literatur.

*) John Playfair, geboren 1748 in Benvie, Forfarshire als Sohn eines Geistlichen, zeigte frühzeitig hervorragende mathematische Begabung, studierte in Aberdeen und Edinburg, wurde 1773 Pfarrer in Benvie, 1785 Professor der Mathematik an der Universität Edinburg, welche Stelle er 20 Jahre später mit der eines Professors der Philosophie vertauschte. Durch Hutton in die Geologie eingeführt, studierte er auf Ferienreisen den geologischen Bau von Schottland, Wales und Irland und machte 1815 und 1816 eine längere Reise nach Paris, Italien, in die Schweiz und Auvergne; starb 1819 in Edinburg.

Erdtheorien von de Luc, de la Métherie, Breislak, Kant, Laplace u. A.

Obwohl Hutton die Grundzüge seiner Theorie in sachlichster Form, ohne jede persönliche Polemik vorgetragen hatte, erregte eine Lehre, welche die damals in höchster Blüthe stehende Werner'sche Schule in ihrem Fundament zu untergraben trachtete, natürlich den heftigsten Widerspruch. Als Wortführer der strengen Neptunisten, welche die ganze Erde aus einer wässerigen chaotischen Masse hervorgehen ließen, trat zunächst der Mineraloge Kirwan in Dublin in die Schranken.[19]) Seine Argumente stützen sich vornehmlich auf mineralogische und chemische Thatsachen und gipfeln in einer Denunciation gegen die neue religionsfeindliche Lehre, welche von der Mosaischen Schöpfungsgeschichte abweiche, statt der biblischen Chronologie unermeßliche Zeiträume einführe und sogar die Sintfluth läugne, welcher Kirwan die jetzige Gestaltung der Erdoberfläche vorzugsweise zuschreibt. Einen eifrigen Kampfgenossen fand Kirwan in dem vielgereisten Polyhistor J. A. de Luc.*) Dieser ungemein fruchtbare Schriftsteller erfreute sich eines großen Ansehens bei seinen Zeitgenossen; er schrieb über Meteorologie, Physik, Cosmologie, Chemie, Philosophie, Theologie, Socialpolitik, Geographie und Geologie, wobei er stets bestrebt war, die Thatsachen der Wissenschaft mit dem mosaischen Schöpfungsbericht in Uebereinstimmung zu bringen. Das Vorwort von 14 an die Königin Charlotte von England gerichteten Briefen[20]) über Eindrücke und Beobachtungen während einer Reise in den Walliser und Berner Alpen und in den Jura enthält eine pomphafte Ankündigung, daß dieses Werk den Grundriß einer Cosmologie oder Erdgeschichte enthalten solle, wofür hier zum erstenmal die Bezeichnung Geologie in Vorschlag gebracht wird. Die Briefe selbst enthalten freilich recht wenig von dem, was die Einleitung verspricht, wohl aber weitschweifige Schilderungen über Land und Leute in den bereisten Gebieten. Erst eine zweite, 5 Bände starke

*) Jean André de Luc, geb. 1727 in Genf als Sohn eines mit J. J. Rousseau befreundeten Uhrmachers, beschäftigte sich frühzeitig in Gemeinschaft seines jüngeren Bruders Guillaume Antoine mit Physik, Chemie und Geologie, nahm an den politischen Kämpfen in Genf theil, wurde 1768 nach Bern und Paris gesandt und 1770 in den großen Rath gewählt. Als Vorleser und Reisebegleiter der Königin Charlotte von England lernte er einen ansehnlichen Theil Europas kennen und wurde 1798—1804 Honorarprofessor in Göttingen; starb 1817 in Windsor.

Publication unter etwas verändertem Titel[21]) bringt die Ausführung des Programmes. Das Werk beginnt mit 14 Abhandlungen (Discours), die sich mit den heterogensten Dingen (Naturgeschichte und physikalische Chronologie; Einfachheit, die Quelle des Glückes; Agricultur, Manufactur und Handel; Causae finales; Toleranz; Natur des Menschen; System von Priestley ꝛc.) befassen und nichts mit dem übrigen Inhalt zu thun haben. Die Briefe selbst enthalten zunächst eine sehr umständliche Darstellung und Widerlegung der Systeme von Burnet, Whiston, Woodward, Leibniz, Scheuchzer und anderer Theorien über Erdentstehung. Darauf bekämpft de Luc nachdrücklich die Meinung, wonach fließendes Wasser an der Gestaltung der Erdoberfläche einen namhaften Antheil genommen habe; er sucht im Gegentheil zu beweisen, daß die Wirksamkeit der Flüsse und Bäche durch die allmähliche Erniedrigung der Berge, durch die Anhäufung von Geröllen und Schutt, durch die Entstehung einer oberflächlichen Verwitterungsschicht, sowie durch Bedeckung mit Moos, Vegetation oder Eis bald gelähmt und ihre Erosionsfähigkeit auf ein Minimum reduciert würde. Auf diese theoretischen Erörterungen folgen im 3. und 4. Band Berichte über Reisen in Westfalen, Hannover, dem Harz, Holland, Belgien, Rheinland, Hessen u. s. w., worunter nur die Schilderungen der erloschenen Vulkane im Siebengebirge, bei Andernach, Niedermendig, Laach, Cassel und Frankfurt Beachtung verdienen, weil sich de Luc ohne Rückhalt für die vulkanische Entstehung des Basaltes erklärt. Im letzten Bande entwickelt de Luc seine eigene Theorie der Erdbildung. Er unterscheidet verschiedene Arten von Gebirgen. Das aus Granit, Schiefer, Serpentin, Quarzit und ähnlichen Gesteinen zusammengesetzte Urgebirge (Montagnes primordiales) ist unbekannten Ursprungs, da gegenwärtig derartige Gesteine nicht mehr zu Stande kommen. Neben diesen ursprünglichen Gebirgen gibt es andere aus geschichteten Gesteinen, welche fossile Ueberreste enthalten und sichtlich im Ozean gebildet wurden, sowie solche, die aus Basalt und ähnlichen Gesteinen zusammengesetzt sind und ihren Ursprung untermeeischen Eruptionen verdanken. Diesen secundären Gebirgen stehen als dritte Categorie die jetzigen Festländer mit ihren thätigen Vulkanen gegenüber. Da die secundären Schichtgesteine aber nicht nur marine Versteinerungen, sondern auch Landthiere und Landpflanzen enthalten, so muß es während der Zeit, wo die Erde zum größten Theil mit Meer bedeckt war, auch schon

Continente und Inseln gegeben haben. Den Boden des alten Meeres bildete das Urgebirge, das Hohlräume von vielseitigem Umfange enthielt. Diese unterirdischen Höhlungen liegen in mehreren Stockwerken übereinander und sind nur durch wenige Pfeiler gestützt. Fanden Erschütterungen durch das unterirdische Feuer oder durch andere Zufälle statt, so brachen die Pfeiler zusammen, die oberen Gewölbe stürzten ein und die von ihnen getragenen Continente und Inseln versanken in's Meer. Am Ende dieser ersten Revolution war die Erde wieder fast ganz mit Wasser bedeckt; die Last des Wassers und der eingebrochenen festen Massen drückte aber auch die Gewölbe der zweiten und dritten Etage zusammen; der Ozean trat an Stelle der ehemaligen Hohlräume, sein Spiegel senkte sich und so traten schließlich unsere jetzigen Continente und Inseln aus dem Wasser hervor. Nun beginnt die neue Geschichte unserer Erde. Die im Meer schwimmenden, von den versunkenen Inseln herrührenden Pflanzen und Samen strandeten an den Küsten der neuen Continente, die letzteren bedeckten sich bald mit üppiger Vegetation und bevölkerten sich mit zahllosen Thieren. Die in den oberflächlichen Schichten vorkommenden Knochen von tropischen Landthieren stammen von den früher vorhandenen und untergegangenen Continenten her und wurden wie die Samen vom Ozean angeschwemmt. Alle Thatsachen führen nach de Luc zu dem Schluß, daß die neuen Continente erst in später Zeit entstanden sind und kaum länger als 4000 Jahre existieren.

Eine große Anzahl im Journal de Physique veröffentlichter Abhandlungen über sehr verschiedene Fragen bieten heute kaum mehr Interesse und auch die Briefe an Blumenbach[22]) enthalten meist nur frühere Behauptungen. Mit großer Heftigkeit bekämpfte de Luc in vier Briefen[23]) die Hutton'sche Erdtheorie und schrieb sogar unter dem Titel »Traité élémentaire de Géologie« ein herzlich langweiliges Buch, worin nicht nur drei der erwähnten Briefe, sondern auch ein ansehnlicher Theil der Playfair'schen Erläuterungen abgedruckt sind. Diese letzte größere Publication de Luc's wiederholt im Wesentlichen nur die in den Lettres physiques et morales dargelegten Ansichten, führt aber einige Punkte seines Erdsystems etwas weiter aus. Die Sonne war anfänglich nicht leuchtend und strahlte keine Wärme aus, darum war auch die Erde ursprünglich gefroren; erst nachdem die Sonne leuchtend geworden war, schmolzen ihre Strahlen das gefrorene Wasser an der Erdoberfläche; dasselbe drang in das Innere

der aus gefrorenem Staub bestehenden Erde, löste die mineralischen Substanzen und bildete große Hohlräume. In Uebereinstimmung mit Saussure nimmt de Luc an, das Urgebirge sei als chemischer Niederschlag aus einer chaotischen Flüssigkeit auskrystallisiert. Durch das Zusammenbrechen der unterirdischen Gewölbe wurden die im Ozean gebildeten, ursprünglich horizontalen, secundären Gesteine zerrissen und durch »mouvements angulaires« in die Tiefe versenkt. Solchen Einstürzen ist die Aufrichtung der Schichten und die Entstehung der Thäler zuzuschreiben. Das in die unterirdischen Höhlungen eindringende Wasser begegnete zuweilen erhitzten und glühenden Massen und erzeugte dadurch eine enorme Menge elastischer Dämpfe, welche submarine Eruptionen von Basalt und anderen Gesteinen verursachten und auch jene erratischen Blöcke und Geröllmassen emporschleuderten, welche gegenwärtig über die norddeutsche Ebene und die Nachbarschaft der Alpen ausgestreut sind. Diese absurde Hypothese hat übrigens nicht einmal den Reiz der Neuheit, denn Esaias Silberschlag hatte schon 1780 dieselbe Ansicht ausgesprochen.

Es verlohnt sich nicht, auf die Anschauungen dieses außerordentlich emsigen, aber flüchtigen Beobachters und phantastischen Vielschreibers näher einzugehen; de Luc's Publicationen sind zum größten Theile der verdienten Vergessenheit anheimgefallen und seine heftigen Angriffe auf Hutton und Playfair gegenstandslos geworden.

Neben de Luc erfreute sich, allerdings nur kurze Zeit hindurch, der Pariser Mineraloge und Physiker de la Métherie[24]) einer gewissen Popularität. Nach dessen Erdtheorien ist die Erdkruste aus einer flüssigen wässerigen Lösung durch Krystallisation entstanden. Enorme Mengen von Wasser waren erforderlich, um die Substanzen, aus denen die Urgesteine zusammengesetzt sind, aufzulösen; der Ozean stand darum mindestens 3000 Toisen über seinem jetzigen Spiegel und überfluthete die Gipfel unserer höchsten Gebirge. Sämmtliche Berge, Thäler und Ebenen sind in diesem Ozean durch Krystallisation entstanden, wobei große unterirdische, mit Luft oder elastischen Dämpfen erfüllte Hohlräume frei blieben, in welche sich später ein ansehnlicher Theil des Meeres zurückzog. Alle Vulkane stehen auf solchen Hohlräumen, von denen einige durch Spalten mit einander communizieren. Nach Entstehung der ursprünglichen Gesteine (Granit, Porphyr, Gneiß, Glimmerschiefer, Petrosilex, Thonschiefer, Serpentin, Urkalk, Dolomit, Urgyps 2c.) begann der Rückzug des Ozeans; Berge und Continente

tauchten aus dem Wasser empor, bedeckten sich mit Vegetation und im Wasser entstanden ebenfalls durch eine besondere Art der Krystallisation Thiere, anfänglich in beschränkter Menge, allmählich aber durch Vermehrung und Transmutation immer zahlreicher und mannigfaltiger. Der Detritus von Festländern und Inseln gelangte in den Ozean und vermischte sich mit den Schaalen von Meeresbewohner; in den immer kleiner werdenden Meeren schieden sich die geschichteten secundären Gesteine aus, deren Zusammensetzung je nach dem Gehalt an aufgelösten Substanzen großen Schwankungen unterworfen war. In den älteren secundären Schichten sind Versteinerungen noch spärlich und ausschließlich marinen Ursprungs (Ammoniten, Belemniten, Terebrateln); später werden die organischen Reste immer zahlreicher und in den tertiären Kalksteinen findet man häufig Schaale an Schaale zusammengedrängt. In den jüngeren Schichten stellen sich auch Knochen und Zähne von Landthieren, Süßwassermuscheln und Pflanzen ein. Die Steinkohlenflötze sind durch Ausscheidung im Ozean entstanden. Diese wunderlichen, vielfach auf den Telliamed zurückführbaren Gedankengänge entbehren jeder gründlichen Naturbeobachtung und zeigen, wie veraltete Irrthümer fortleben und immer wieder neue verunglückte Speculationen erzeugen können.

Ein zur Bekämpfung der de la Métherie'schen Erdtheorie abgefaßtes Werk von P. Bertrand[25]) befaßt sich mit theoretischen Fragen, mit der Entstehung und den frühesten Zuständen der Erde und der Gestirne, mit Physik der Erde, mit Kataklysmen, Gebirgs- und Thalbildung und dergleichen, allein das selbstbewüßte Buch bringt weder neue Thatsachen noch Gedanken von irgend welcher Bedeutung.

Die „Urwelt" des rationalistischen Geistlichen Ballenstedt[26]) beschäftigt sich vorwiegend mit der Urgeschichte, Entstehung und Herkunft des Menschengeschlechtes, sowie mit dem Nachweis, daß der Mensch schon vor der Sintfluth als Zeitgenosse des Mammuth, Rhinoceros und anderer ausgestorbener Thiere auf der Erde gelebt habe. Ballenstedt sucht die Sagen der Vorwelt in der Bibel „auf eine vernünftige Art" zu erklären, ist der Meinung, daß nicht alle Menschen vom Paradies ausgegangen seien, und daß es mehrere gute Species von Menschen gäbe ꝛc. Der geologische Werth auch dieses, seiner Zeit mit großem Interesse aufgenommenen Buches ist gering.

Die Unterstützung, welche der neptunistischen Schule durch den Naturphilosophen H. Steffens[27]) zu Theil wurde, konnte ihr nur

wenig nützen. Die einstens viel bewunderten Ideen dieses originellen Denkers über die Polarität erscheinen uns jetzt unverständlich. Alles wurde durch Polarität erklärt. Sie ballte im Wasser organischen Urstoff zu Pflanzen und Thieren zusammen und schied mineralische Stoffe aus der allgemeinen Lösung aus. Nach dem Gesetz der Polarität stehen gewisse Naturerscheinungen mit anderen in einem nothwendigen Gegensatz, darum auch der Antagonismus zwischen den Gesteinen der Kiesel- und Kalkreihe. Die ersteren sind in der Regel nur von Pflanzenversteinerungen, die letzteren von thierischen Ueberresten begleitet. Mit der Entstehung der Kieselerde ist auch die des Kohlenstoffs, mit jener der Kalkerde die des Stickstoffs verknüpft. Daraus erklärt sich auch der große Gegensatz zwischen Pflanzen und Thierreich ꝛc.

Als entschiedener Gegner des Neptunismus bekannte sich Scipio Breislak.*) Im ersten Band seiner Geologie[28]) sucht er nachzuweisen, daß sich die Erde anfänglich in einem Zustand der Flüssigkeit befunden habe, allein die Menge des vorhandenen Wassers sei absolut unzureichend, um die festen Grundstoffe der Erde in Auflösung zu halten. Für eine erhebliche Verminderung der Wassermenge nach der Krystallisation der Erdmasse, etwa durch Rückzug in unterirdische Hohlräume oder durch Abgabe an andere Weltkörper, lassen sich aber keine überzeugenden Beweise beibringen. Das hohe specifische Gewicht der Erde verbiete von Vorneherein das Vorhandensein eines mit Wasser erfüllten Raumes im Erdinnern, und auch für ein Sinken des Meeresspiegels in historischer Zeit gebe es keine sicheren Anhaltspunkte. Der angebliche Rückzug des Ozeans in Skandinavien oder am Golf von Neapel sei besser durch Oscillationen in der Erdrinde als durch eine Erniedrigung des Wasserspiegels zu erklären. Nachdem Breislak die Unmöglichkeit eines durch Wasser bewirkten flüssigen Urzustandes der Erde gezeigt, sucht er denselben durch eine vollständige Durchdringung und Vermischung der Materie mit Wärmestoff (Elementarfeuer) zu erklären. Breislak unterscheidet einen freien Wärmestoff, welcher die Empfindung der Wärme erregt

*) Breislak Scipione, geboren 1748 in Rom als Sohn eines eingewanderten Schwaben, wurde Professor der Physik in Ragusa und später an das Collegio Nazareno in Rom berufen; mußte während der Revolution nach Frankreich fliehen, wurde von Napoleon zum Inspector der Pulverfabrikation in Italien ernannt; war später Director der Alaunfabrik an der Solfatara; starb 1826 in Mailand.

und die Ausdehnung der Körper bewirkt, und einen gebundenen, der sich den Sinnen nicht bemerkbar macht, aber in den Körpern, welche ihn einschließen, bedeutende Veränderungen hervorruft. Er stellt sich die Erde in ihren ersten Bildungsperioden als eine Zusammenhäufung verworrener, von Wärmestoff durchdrungener und dadurch in feurig flüssigen Zustand versetzter Masse vor. Durch Vereinigung und Bindung des freien Wärmestoffs mit gewissen Grundstoffen, welche größere Affinität mit ihm hatten, verminderte sich die empfindbare Wärme, es trat fortschreitende Abkühlung und schließlich Verfestigung ein. Während sich aber der Wärmestoff mit den festen Grundstoffen verband, erhoben sich die Gase über die Oberfläche der Kugel und bildeten eine dunstige Atmosphäre, in welcher sich dann durch Vermittelung der Elektricität Sauerstoff und Wasserstoff vereinigten und als Wasser niederschlugen. Ein Theil des Wassers mochte auch im Erdinnern durch Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff entstehen. Da nun bei gleichmäßiger Abkühlung eines kugelförmigen Körpers der Mittelpunkt zuerst am vollständigsten erkalte, so hätte die Erstarrung der Erde auch vom Centrum nach Außen erfolgen müssen; allein die Entwickelung von Gasen und Dämpfen war an der Oberfläche eine viel stärkere als im Erdinnern, und dadurch wurde auch eine viel größere Menge von Wärmestoff chemisch gebunden. Dadurch erscheint es wahrscheinlich, daß die Erstarrung der Erde an der Oberfläche begonnen hat. Die in der Tiefe befindlichen Gase bildeten mit dem Wärmestoff elastische Dämpfe, welche nach Außen emporzusteigen und die durch Abkühlung gebildete feste Rinde zu durchbrechen suchten. Es entstanden Spalten, Zerreißungen, Hohlräume und schließlich Einbruch und Niedersinken gewaltiger Stücke der Rinde. Unter den Beispielen von eingesunkenen Festlandsstücken erwähnt Breislak auch die Platonische Atlantis. Ob nun die Abkühlung der Erde bereits bis zum Centrum erfolgt ist und sich die Wärme überall ins Gleichgewicht gesetzt hat, läßt sich mit Sicherheit nicht bestimmen, „immerhin aber liegt kein Grund vor, der uns bestimmen könnte, anzunehmen, daß in dem Innern der Erde noch jetzt eine dauernde Wärme vorhanden sei, welche fähig wäre, bemerkbare Wirkungen hervorzubringen“.

Nachdem Breislak seine Anschauungen über die frühesten Zustände der Erde auseinandergesetzt, geht er zur Betrachtung der festen Erdkruste über, zeigt, daß dieselbe aus Gesteinen von verschiedenem

Alter (Urgebirge, Flötzgebirge &c.) zusammengesetzt sei, und sucht ausführlich nachzuweisen, daß sich die Gesteine des Urgebirgs (Granit, Syenit, Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Chloritschiefer, Serpentin, Porphyr, Trapp, Grünstein) nicht aus einer wässerigen Lösung abgesetzt haben, sondern aus einem feurig flüssigen Magma erstarrten und als Producte der allmählichen Abkühlung der Erdkruste anzusehen sind. Das blätterige und schieferige Gefüge einer Felsart steht nach Breislak keineswegs mit der ursprünglichen Feuerflüssigkeit in Widerspruch, denn es gibt gewisse ächt vulkanische Gesteine (Phonolith) mit deutlich schieferiger Struktur.

Breislak's Erdtheorie stimmt zwar, was die Ablehnung der neptunistischen Anschauungen und Entstehung des Urgebirgs aus einem heißen geschmolzenen Magma betrifft, mit der Hutton'schen Lehre überein; allein im Uebrigen haben die beiden Forscher wenig mit einander gemein. Hutton bewahrt bezüglich der Entstehung und des ursprünglichen Zustandes unseres Planeten eine vorsichtige Zurückhaltung; Breislak betrachtet die Erde, wie Buffon und La Grange, als ein abgelöstes Fragment der Sonne, und erklärt deren ursprünglich heißflüssigen Zustand durch eine absonderliche, mit den jetzigen physikalischen Anschauungen unvereinbare Theorie einer innigen Vermischung von Wärmestoff mit der übrigen Materie. Hutton hält Gneiß und krystallinische Schiefer für in der Tiefe unter Druck umgeschmolzene Sedimentgesteine; Breislak sieht darin, wie im Granit, Porphyr, Diabas und Serpentin, nur Theile einer durch Abkühlung erstarrten festen Erdrinde. Hutton's Ideen haben sich vielfach als fortbildungsfähig erwiesen, Breislak's Werk verdient weniger wegen der darin vertretenen Theorien als wegen der scharfsinnigen Bekämpfung der neptunistischen Beachtung.

Auf die zahlreichen und sich widersprechenden Erdtheorien von Buffon bis Breislak übten die kosmogenetischen und geogenetischen Ideen, welche der große Philosoph Imm. Kant schon 1755 in seiner allgemeinen Naturgeschichte des Himmels dargelegt hatte, ebensowenig Einfluß aus, als die verwandten Anschauungen, welche der französische Mathematiker Laplace in seiner Exposition du Système du Monde im Jahre 1796 veröffentlichte.

Das kleine Buch von Kant erschien unmittelbar vor Ausbruch des siebenjährigen Krieges anonym; es fand keine Leser, wurde vergessen und erst von Alex. v. Humboldt 90 Jahre später wieder

entdeckt. Kant hatte zum erstenmal den Versuch gewagt, das Weltsystem lediglich durch Einwirkung mechanischer Naturkräfte entstehen zu lassen und den von strengen Naturgesetzen regierten Kosmos aus einer formlosen Dunstmasse abzuleiten. Alle Materie, aus welcher die Kugeln unseres Sonnensystems, die Planeten und Kometen bestehen, war im Anfang aller Dinge in ihren elementaren Grundstoff aufgelöst und erfüllte den ganzen Weltraum. Sämmtliche Theilchen der Materie besaßen Anziehungs- und Abstoßungskraft und befanden sich anfänglich in einem labilen, leicht zu störenden Gleichgewichtszustand. Die dichteren Stofftheilchen suchten sich in Folge der Anziehungskraft zu einem Centralkörper zu vereinigen. Bei diesem Zusammenstürzen ergaben sich in Folge der Anziehung und Abstoßung Ablenkungen, Seitenbewegungen; es entstanden zahllose sich kreuzende Wirbel. Die ursprünglich nach allen Richtungen und in beständigem Widerstreit gegen einander sich bewegenden Theilchen dieser Wirbel wurden endlich nach einer Richtung gelenkt und kreisten schließlich, ohne sich gegenseitig zu stören in concentrischen Zirkeln ungefähr in einer Ebene um einen Centralkörper, die Sonne. Innerhalb der Ringe beginnt sodann von Neuem das Attractionsspiel der Theilchen, bis aus den Ringen Klumpen entstehen, welche die leichteren Theilchen anziehen und dann als Planeten in der alten Ringbahn sich um die Sonne bewegen. So bildete sich allmählich von Innen nach Außen fortschreitend das ganze Planetensystem mit Einschluß der Monde und der Kometen.

Wenn Kant's mechanische Welttheorie die einheitliche Entstehung der einzelnen Körper unseres Sonnensystems erklärt, so gewährt sie doch keinen genaueren Aufschluß über die Beschaffenheit und Temperatur der Sonne und der Planeten. In dieser Hinsicht geht die geistreiche, ganz unabhängig von Kant aufgestellte Nebulartheorie von Laplace*) weiter und steht darum auch in näherer Beziehung zur Geologie.

*) Pierre Simon Laplace, geboren 1749 zu Beaumont-en Auge (Calvados), zeichnete sich als Knabe durch seltenes Gedächtniß und ungewöhnliche Sprachkenntniß aus, wurde zuerst Lehrer der Mathematik an der Militärschule seiner Vaterstadt, kam dann nach Paris an die École normale, wurde 1773 Mitglied des Institut, 1799 Minister des Innern unter dem Consulat Napoleon's; kehrte aber bald zur wissenschaftlichen Thätigkeit als Mitglied des Bureau des Longitudes zurück; wurde von der Restauration in den Grafenstand erhoben und starb am 5. März 1827.

Laplace zeigt, daß sich alle Planeten in nahezu derselben Ebene in der Richtung von West nach Ost um die Sonne und alle Monde in gleicher Richtung um ihre Planeten bewegen; ja die Sonne selbst drehe sich, soweit bekannt, in gleicher Richtung um ihre Axe. Ein so außerordentliches Phänomen kann nach der Meinung des großen Mathematikers nicht das Werk des Zufalls sein, es spricht vielmehr für eine allgemeine Ursache, die alle jene Bewegungen bestimmte. Offenbar gab es eine Zeit, wo die jetzt leeren Planetenräume gleichmäßig mit Materie von hoher Temperatur erfüllt waren, welche die Substanz der Planeten und Monde in feinster Verdünnung darstellte und sich in rotierender Bewegung von West nach Ost befand. In diesem Stoffnebel verdichtete sich ein ebenfalls in gleicher Richtung rotierender Centralkörper, die Sonne. Die fein vertheilte Masse verhielt sich wie eine riesige Atmosphäre, worin sich Centrifugalkraft und Schwere das Gleichgewicht hielten. Bei zunehmender Verdichtung der glühenden Masse gewann die Fliehkraft das Uebergewicht, es sonderten sich Dunstringe ab, ähnlich denen des Saturn, die mit der angenommenen Geschwindigkeit und stets in gleicher Richtung ihre Bewegung fortsetzten. Die Ringe zerrissen in Folge ihrer verschiedenen Dichtigkeit, die Masse derselben ballte sich zu Rotationssphäroiden zusammen, die größeren saugten einen Theil der kleineren auf und so entstanden die Planeten und ihre Trabanten. Durch die Verdichtung bei dem Zusammenballungsproceß erhielten die neu gebildeten Weltkörper wieder eine enorm hohe Temperatur; sie wurden selbstleuchtende Massen, die sich nach und nach durch Ausstrahlung ihrer Wärme in den kalten Weltraum an der Oberfläche abkühlten, sich dabei zusammenzogen und schließlich mit einer festen anfangs glühenden, allmählich dunkelwerdenden Kruste umgaben, welche die im Innern befindliche Sonnensubstanz umhüllte. Gewisse flüchtige, noch nicht consolidierte Theilchen der Sonnenatmosphäre umkreisen die Sonne und bilden das Zodiakallicht. Die Kometen dagegen gehören nach Laplace dem fernen Weltraum an und haben sich wahrscheinlich nicht aus der Sonnenatmosphäre gebildet.

Durch die Kant-Laplace'sche Nebulartheorie war für die Entstehung der Weltkörper eine einheitliche Erklärung gefunden, die mit den Gesetzen der Mechanik und den Erfahrungen der Astronomie besser in Einklang steht, als alle früheren cosmogenetischen Hypothesen. Auch auf die frühesten Zustände der Erde verbreitete diese Theorie

so viel Licht, daß sie von den Geologen allgemein angenommen wurde. Sie entzog der neptunistischen Schule allen festen Boden und verlieh den vulkanistischen Anschauungen eine gesicherte Grundlage.

Geognostische Localbeschreibungen und Formationslehre.

a) Deutschland.

In der großen Menge von Localmonographieen, welche nicht nur in Deutschland, sondern in fast allen Theilen Europas erschienen, zeigt sich am besten der durchgreifende Umschwung in der jungen naturwissenschaftlichen Disciplin, für welche Werner den Namen Geognosie eingeführt hatte. Wie in der Gesteinskunde, so liefert auch hier die Werner'sche Schule das Hauptcontingent der Beiträge.

Nach streng empirischer Methode, wenn auch nicht direct beeinflußt durch Werner, arbeitete am Harz G. L. O. Lasius.*) Sein zweibändiges Werk „Beobachtungen über die Harzgebirge nebst einer petrographischen Charte und einem Profilrisse" (Hannover 1789) gehört zu den besten und sorgfältigsten Localbeschreibungen der damaligen Zeit. Lasius hatte als Hauptmann des hannöver'schen Ingenieurcorps die topographische Karte des Harzgebirges auszuführen und dabei mit großer Aufmerksamkeit die geognostischen Verhältnisse berücksichtigt. Er unterschied neben dem Urgebirge, das aus marinem Kalkstein mit Korallen, Orthoceratiten, Muscheln und Schnecken, aus Thonschiefer, Grauwacken und Sandstein, Trapp, Porphyr und Serpentin zusammengesetzte Ganggebirge. Die verschiedenen Gesteine sind mit großer Genauigkeit beschrieben, ihre Verbreitung auf der colorierten petrographischen Karte angedeutet und der Name Grauwacke für einen aus feinem zertrümmerten Granitgruß bestehenden Sandstein zum erstenmal angewandt. Für das Flötzgebirge wird die Lehmann'sche Eintheilung zu Grunde gelegt und der Nachweis geliefert, daß ein Theil der Porphyre mit dem Rothliegenden wechsellagern. Der zweite Band des Lasius'schen Werkes beschäftigt sich mit den Erzgängen und Mineralien des Harzes und enthält gleichfalls viele treffende und neue Beobachtungen.

---

*) Georg Sigismund Otto Lasius ist 1752 als Sohn eines Geistlichen zu Burgdorf in Hannover geboren, trat 1770 in das hannöversche Ingenieurcorps ein, fand 1799 bei der Landesvermessung Verwendung, wurde später Director der Landesvermessung in Oldenburg und starb daselbst 1833.

Der Thüringer J. K. W. Voigt*), einer der ältesten Schüler Werner's, ist seinem Lehrer als beobachtender Feldgeologe durchaus ebenbürtig. Voigt machte sich zuerst durch eine in Briefen abgefaßte Beschreibung des Thüringer Waldes[37]) bekannt. Darin wird über eine bis dahin geologisch wenig untersuchte Gegend (die Arbeiten Füchsel's, Lehmann's und Charpentier's beschränken sich fast ganz auf das Flötzgebirge am Nordabhang des Thüringer Waldes) Licht verbreitet und namentlich das Vorkommen von Granit, Porphyr und Thonschiefer sorgfältig beschrieben. Mehrere Profile erhöhen den Werth dieses Werkes. In einer im Auftrag des Bischofs Heinrich ausgeführten „mineralogischen Beschreibung des Hochstifts Fuld und einiger merkwürdigen Gegenden am Rhein und Main" (Dessau und Leipzig 1783) widmet Voigt seine Aufmerksamkeit hauptsächlich den dortigen Basalt- und Hornstein- (Phonolith) Kuppen, deren Vorkommen in einer colorierten „petrographischen Landkarte" aufs genaueste dargestellt wird. Er entscheidet sich für die vulkanische Natur des Basaltes und stützt seine Ansicht durch den Vergleich mit analogen Gesteinen in der Gegend von Frankfurt, Andernach und am Laacher See. Voigt begründet seine Meinung in durchaus objectiver Weise und kommt mit Werner erst 1788 in Conflict, nachdem letzterer seinen Aufsatz über den Scheibenberger Hügel veröffentlicht hatte. Der Streit wurde mit Erbitterung von beiden Theilen geführt und endigte mit gegenseitiger Entfremdung. Das erste, kurz gefaßte Lehrbuch der Geognosie, Voigt's praktische Gebirgskunde (Weimar 1792, 2. Auflage 1799), steht hinsichtlich der Gesteinsbeschreibung und Anordnung der Gesteinslager ganz auf Werner'schem Standpunkt, dagegen vermuthet Voigt den Sitz der vulkanischen Erscheinungen in großer Tiefe unter dem Grundgebirg, da weder brennende Kohlenflötze, noch die erhitzende Wirkung von sich zersetzenden Schwefelmetallen eine genügende Erklärung für die vulkanischen Phänomene gewähren könnten. Spätere Untersuchungen Voigt's über den Thüringer Wald, darunter eine treffliche Beschreibung der Gegend von Ilmenau, wurden theils in den „mineralogischen und bergmännischen Abhandlungen" (Weimar 1789 und 1791, 3 Bände), theils in den „kleinen mineralogischen Schriften"

*) Joh. Karl Wilhelm Voigt, geboren 1752 zu Allstädt im Großherzogthum Weimar, studierte in Jena die Rechte, in Freiberg Bergwissenschaft, wurde 1786 Bergsecretär in Weimar, später Bergrath in Ilmenau, starb daselbst 1821.

(Weimar 1799—1800, 2 Bände) niedergelegt. Eine Reise[38]) nach den Braunkohlen und Basalten in Hessen, wobei der Meißner eingehend studiert wurde, bestärkten Voigt in seinen vulkanischen Ansichten. Sein letztes größeres Werk[39]) über Steinkohlen, Braunkohlen und Torf enthält zugleich eine praktische Anleitung für Aufsuchung und Benutzung fossiler Brennstoffe.

Eine geologische Beschreibung des Thüringer Waldes von ungewöhnlicher Genauigkeit verdankt man dem meiningischen Geh. Rath J. L. Heim*), einem vorzüglichen Beobachter und einem durchaus selbstständigen und von allen Schulmeinungen unabhängigen Denker. Sein stattliches Werk[40]) enthält eine sorgsame Beschreibung der verschiedenen im Thüringer Wald vorkommenden Gesteinsarten. Die Verbreitung und der Zusammenhang derselben wird in ausführlichster Weise erörtert, doch fehlt eine geologische Karte, und ebenso beschränkt sich Heim zur Erläuterung der Lagerungsverhältnisse auf einige landschaftliche Skizzen, die den instruktiven Profilen Voigt's nicht im Entferntesten gleichwerthig sind. Zu den primitiven Gesteinen rechnet Heim den Granit, Gneiß, Syenit, Glimmerschiefer, den Porphyr, die Trappgesteine nebst den zugehörigen Grenz- oder Uebergangsgesteinen, welche keine scharfe mineralogische Bestimmung zulassen und die typischen Gesteine mit einander verbinden. Auch Thonschiefer, Grauwacke, Quarzitschiefer und dichter grauer Kalkstein werden zu den primitiven Gebirgsarten gerechnet. Die Mehrzahl dieser Gesteine sind nach Heim aus einem jetzt nicht mehr genauer definierbaren (vielleicht gasartigen) „Fluidum" durch chemische Krystallisation ausgeschieden worden, und nur für Thonschiefer und Grauwacke wird eine wässerige Beschaffenheit des ursprünglichen Fluidums zugestanden. Von einer Altersverschiedenheit der primitiven Gebirgsarten kann demnach nicht wohl gesprochen werden. Granit, Gneiß, Porphyr, Thonschiefer, Grauwacke rc. haben sich in der gleichen Periode ausgeschieden; sie bilden wahrscheinlich kugelige oder elliptische Massen,

*) Joh. Ludwig Heim, geboren am 29. Juni 1741 zu Solz im Meiningischen als Sohn eines Landgeistlichen, war der älteste von sechs Brüdern, welche alle hervorragende Stellungen in der Wissenschaft oder im Staatsdienst erreichten. Er studierte in Jena Theologie und beschäftigte sich daneben mit Mineralogie und Geognosie. Als Instructor begleitete er die Prinzen Georg und Karl auf Reisen, wurde später Consistorialrath und 1803 wirklicher Geh. Rath; starb 1819. Seine Sammlung ging in Besitz der Universität Jena über.

in denen Granit den Kern, Porphyr und die übrigen primitiven Gesteine die Schaale ausmachen. Aus solchen kugeligen Massen denkt sich Heim die ganze Erde zusammengesetzt. Nach Entstehung der primitiven Gesteine überflutheten stürmische Gewässer die Erdoberfläche und erzeugten überall das rothe Todtliegende und später die übrigen Flötzgebirge. Letzteres zerlegt Heim in vier Hauptlager: 1. Das Todtliegende, 2. den älteren Kalkstein, 3. den bunten feinkörnigen Sandstein, und 4. den neueren Kalkstein. Als Zwischenlager des Todtliegenden werden Steinkohlen, rother Thon, Zechstein und Gryphitenkalk, als solche des älteren Kalksteins Kupferschiefer, Rauhwacke, Gyps, Steinsalz, Stinkstein, Thonmergel, als solche des bunten Sandsteins Thon, Mergel, Gyps, Steinsalz und bituminöse Schichten ausgeschieden. Zum jüngeren Kalkstein wird der thüringische und fränkische Muschelkalk und der höhlenreiche Jurakalk von Muggendorf und Streitberg gerechnet. Den Zwischenlagern räumt Heim im Vergleich zu den Hauptlagern eine untergeordnetere Bedeutung ein. Im letzten Band, welcher sechs Jahre später als die zweite Abtheilung erschien, zieht Heim die theoretischen Schlußfolgerungen aus seinen Beobachtungen. Ueber Thalbildung hatte er schon im Jahre 1791 eine anonyme, etwas weitschweifige, aber scharfsinnige Abhandlung [41]) veröffentlicht, worin er die Entstehung der Thäler der zerstörenden Wirkung fließender Gewässer zuschreibt und seine Ansicht durch eine Menge von Thatsachen zu stützen sucht. Diese Abhandlung ist völlig frei von vorgefaßten Meinungen, streng inductiv und kann noch heute als Muster einer physikalisch-geographischen Untersuchung gelten. Heim's Ansichten über die Entstehung der primitiven und Flötzgesteine sind bereits oben erwähnt. Eine wichtige Rolle spielt der Basalt. Im Gegensatz zu Werner schreibt ihm Heim eruptiven Ursprung zu; allein nicht in feuerflüssigem Zustand, sondern als breiartige, elastische, mit Gasen erfüllte Masse ist er emporgedrungen und zwar nach Ablagerung des jüngeren Kalksteins, wobei er die mannigfaltigsten Störungen in den Lagerungsverhältnissen der durchsetzten Gebirge und Contactwirkungen auf die verschiedenen Nebengesteine ausübte. Sein Emporbringen war von gewaltigen Revolutionen begleitet und ihm ist die Hebung aller Gebirgsketten zuzuschreiben. Heim's Ansichten widersprechen den Hypothesen der Werner'schen Schule, enthalten stets einen beachtenswerthen Kern und verdienen sicherlich mehr Anerkennung, als ihnen zur Zeit ihrer Veröffentlichung zu Theil wurde.

Zu den treuesten und begabtesten Schülern Werner's gehört Joh. Karl Freiesleben.*) Sein erstes größeres Werk: „Bergmännisch mineralische Beschreibung des Harzes" (2 Bände, 1799) enthält vorwiegend mineralogische und technische Mittheilungen, und ebenso behandeln seine „Beiträge zur mineralogischen Kenntniß von Sachsen" (Freiberg 1817, 2 Bände) hauptsächlich bergmännische und mineralogische Fragen. Das Hauptverdienst erwarb sich Freiesleben durch das Studium des Flötzgebirges im Mansfeld'schen und am Nordrand des Thüringer Waldes. Sein umfangreiches Werk „geognostischer Beytrag zur Kenntniß des Kupferschiefergebirges mit besonderer Hinsicht auf einen Theil der Grafschaft Mannsfeld und Thüringens" (Freiberg 1807—1815, 4 Bände mit einer geognostisch colorierten Karte) gehört noch heute zu den genauesten Localmonographieen Norddeutschlands und schildert die verschiedenen Flötzformationen nach ihrem mineralogischen Charakter, nach ihrer Aufeinanderfolge, nach ihrer Verbreitung und nach ihrem Gehalt an nutzbaren Mineralien und Versteinerungen in so erschöpfender Weise, daß späteren Autoren nur wenig zu verbessern übrig blieb. Freiesleben faßt unter der Bezeichnung Kupferschiefergebirge alle Formationen vom Muschelkalk bis zum Todtliegenden, also die heutige Trias und Dyas zusammen. Er gliedert dasselbe folgendermaßen:

1. Muschelkalk;
2. Sand- und Thongebirge:

schieferiger Thon oder Letten, Mergel, Gyps (Thongyps), Sandstein, thonartiger Eisenstein (Steinkohlen), Kalkstein, Roggenstein, Sandschiefer	in unbestimmter Folge.

*) Johann Karl Freiesleben, geboren 1774 in Freiberg, entstammt einer Freiberger Bergmannsfamilie. Er widmete sich nach Absolvierung des Gymnasiums dem Bergfach und fand an Werner einen wohlwollenden und mächtigen Gönner. Während seiner Studienzeit trat er in freundschaftliche Beziehungen zu Al. v. Humboldt, Leop. v. Buch und v. Schlotheim. Mit Buch bereiste er Sachsen, mit Schlotheim Thüringen, mit Humboldt das böhmische Mittelgebirge, die Alpen und den Schweizer Jura. 1796 wurde er Bergamts-

3. Aelteres Kalksteingebirge:
A. Gyps, Stinkstein } zusammengehörig.
B. Stinkstein, Kalkeisenstein, Asche, Höhlenkalkstein, Rauhkalk, Rauchwacke } desgleichen.
C. Zechstein;
D. Mergelschiefer: Dach, Kupferschieferflötz, Weißliegendes.

4. Aelteres Sandsteingebirge:
Rothliegendes,
Steinkohlengebirge.

So lange sich Freiesleben auf sein Untersuchungsgebiet beschränkt, kann man ihm kaum Beobachtungsfehler zur Last legen; dagegen beim Versuch die einzelnen Formationen auch in benachbarten Gegenden zu verfolgen, verfällt er in mehrfache Irrthümer. So wird zum Beispiel der obere Jurakalk der fränkischen Schweiz und der schwäbischen Alp wie von Heim mit dem Höhlenkalkstein (Zechstein) Thüringens identificiert, der Quadersandstein am Fuße des Harzes und in Sachsen mit dem Buntsandstein vereinigt und der Alpenkalk in die ältere Kalksteinformation eingereiht. Im Ganzen sind die Gesteinsbeschreibungen von musterhafter Treue und bis ins Kleinste eingehend. Auch die Versteinerungen finden gebührende Beachtung, wenn sie auch nicht, wie Mineralien oder sonstige Vorkommnisse den Gegenstand selbständiger Untersuchungen bilden.

An der geognostischen Durchforschung kleinerer Gebiete in Norddeutschland betheiligten sich noch Cramer[42]), Langer[43]), Hausmann[44]), Gerhard[45]), Karsten[46]) und in Aufsehen erregender Weise der jugendliche Leopold v. Buch. Seine erste Abhandlung „Versuch einer mineralogischen Beschreibung von Landeck“ (Breslau

assessor in Marienberg, 1800 Director der Mansfelder Bergwerke in Eisleben, 1808 Bergrath in Freiberg, 1838 Oberberghauptmann als Nachfolger v. Herder's; starb 1846 auf einer Reise in Nieder-Auerbach.

1797) zeichnet sich bereits durch weite Gesichtspunkte und lichtvolle Darstellung aus. Nach einer kurzen geographischen Einleitung, beginnt der geognostische Theil mit einer Beschreibung der primitiven Gesteine (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Serpentin). Bei den Flötzformationen konnte v. Buch noch zu keiner befriedigenden Altersbestimmung gelangen, da die Werner'sche Schule auf Versteinerungen wenig Rücksicht nahm. Es darf uns daher auch nicht wundern, wenn unter der Bezeichnung „älterer Sandstein" Rothliegendes, permischer Sandstein und cretacischer Sandstein von Kieslingswalde zusammengeworfen werden oder wenn im „älteren (carbonischen) Kalkstein" von Volpersdorf und Ebersdorf das Vorkommen von Belemniten, Entrochiten und Gartenschnecken angegeben wird. v. Buch tritt mit großer Entschiedenheit für die wässerige Entstehung des Basaltes in die Schranken und zählt eine Reihe von Fundorten auf, wo angeblich Versteinerungen im Basalt vorkommen.

Kleinere Aufsätze über den Buchberg bei Landshut, über den Zobtenberg, über das Riesengebirge und über das Uebergangsgebirge mit besonderer Anwendung auf Schlesien, ergänzen die Beobachtungen bei Landeck[47]) und finden schließlich eine Zusammenfassung in dem A. G. Werner gewidmeten „Entwurf einer geognostischen Beschreibung von Schlesien", welcher von einer kleinen colorierten Uebersichtskarte begleitet ist. Obwohl auch diese Abhandlung mehr eine petrographische als geologische Beschreibung Schlesiens ist, so enthält sie doch eine Menge neuer und werthvoller Thatsachen und liefert einen Ueberblick über den Aufbau dieser bis dahin geologisch fast unbekannten Provinz. Wie in allen späteren Werken legt L. v. Buch auch hier auf die Beziehungen der Oberflächengestaltung zur Zusammensetzung des Bodens besonders Gewicht und weiß dadurch seinen landschaftlichen Schilderungen einen besonderen Reiz zu verleihen; ebenso versteht er es meisterhaft, durch Betrachtungen allgemeineren und theoretischen Charakters die trockenen Gesteinsbeschreibungen genießbarer zu machen. Den krystallinischen Urgesteinen wird auch in dem „Entwurf" am meisten Aufmerksamkeit geschenkt. Doch erscheinen die Flötzgesteine darüber keineswegs vernachlässigt. Charakteristisch für Buch's Darstellungsgabe ist seine Schilderung der Entstehung des Steinkohlengebirges. „Erst fällt das Conglomerat, die großen Geschiebe, die selbst eine aufgebrachte Fluth nicht weit von ihrer Lagerstätte zu entfernen vermochte; und sie reißen

mit sich die ganze organische Schöpfung hinab, die ehemals in dichten Reihen ihre Oberfläche bedeckte. Wälder stürzen zusammen und werden unter ihren Trümmern begraben; neue Wuth der Fluthen erneuert dieses zerstörende Spiel, und in der engen, von Gebirgen umschlossenen Gegend häuft sich die Menge der von den Bergen herabstürzenden Massen, die sich bald in heftigen Bewegungen durcheinander geworfen zur runden Geschiebeform bilden. Ist die Oberfläche nun ganz ihrer Pflanzenbekleidung beraubt, so sinken jetzt ruhiger die feinen, leichter schwimmenden Körner, die Wege fanden, sich vor der hinabführenden Kraft des schweren Conglomerates zu retten. Es bildet sich der neuere feinkörnige Sandstein." Ueber die Beziehungen von Urgebirg und Flötzgebirg schreibt v. Buch folgendermaßen: „Es liegt eine so wenig scharf gezogene Linie zwischen Urgebirge und der Flötzgebirgsformation; man sieht sich in dieser, ehe man glaubt jene verlassen zu haben; unmerkliche Uebergänge führen aus Granit bis zu dem neuesten Sandstein — und doch ist ein gewaltiger Unterschied zwischen beiden. — Die Urgebirgsformation zeigt dem Beobachter, der sie auf dem Wege ihrer successiven Bildung verfolgt, eine Ruhe und deßwegen eine Größe in diesen Bildungen, die selbst erhebt bei Betrachtungen von Veränderungen, welche dem Menschengeschlecht so entrückt zu sein scheinen; man betritt die Flötzgebirgformation und sieht sich mit Erstaunen und Schrecken unter die Ruinen einer reichen organischen Schöpfung versetzt, deren Dasein man vorher in jener bildenden Zeit der Erde kaum noch zu ahnen wagte. Dort noch auf jedem Schritt neu entstandene und neu entstehende Stoffe, hier die Wuth der Zerstörung, welche die ganze Summe der Kräfte, die den Stoffen Leben gab, in vorige Unthätigkeit scheint zurückwerfen zu wollen." Aehnliche Betrachtungen finden sich vielfach eingestreut. Insbesondere beschäftigt den Autor die Herkunft der einzelnen Geschiebe in den Conglomeraten. Er zeigt, wie dieselben immer kleiner werden, je weiter sie sich von ihrer Ursprungsstätte entfernen und sucht daraus die Richtung der Fluthen zu ermitteln, denen sie ihren Ursprung verdanken. Die Untersuchungen Leop. v. Buch's über Schlesien stehen sowohl an Vollständigkeit als auch an Klarheit in der Feststellung der Altersfolge der einzelnen Gebirgslager erheblich hinter den weit eingehenderen Arbeiten von Heim und Freiesleben zurück, aber sie besitzen bereits den Stempel der Originalität, welche alle Arbeiten dieses großen Naturforschers charakterisiert.

In einer bemerkenswerthen Abhandlung über „die Syenitformation im Erzgebirg“ [48]) von Carl v. Raumer*) und M. v. Engelhardt wird zu beweisen gesucht, daß Granit und Syenit am Nordostrande des Erzgebirges keineswegs, wie Werner angenommen hatte, die ältesten Gesteine seien, sondern an verschiedenen Stellen den Gneiß und die Schieferformation, ja sogar das Uebergangsgebirge überlagern. Auch am Harz sei der Granit keineswegs das tiefste Gestein. Aehnliche Zweifel über das Alter des Granites wurden auch von anderer Seite geäußert. So unterschied Mohs [49]) in der Gegend von Johann Georgenstadt, Geyer, Greiffenstein und Weißenstein von dem eigentlichen Urgranit einen jüngeren, über dem Thonschiefer liegenden Granit und der Schwede H. C. Ströhm, ein Schüler Werner's, zeigte, daß bei Freiberg Gänge von Granit das Schiefergebirg durchsetzen und somit jünger als dieses sein müsse. Eine der letzten geognostischen Arbeiten Raumer's behandelt „Das Gebirge von Niederschlesien, der Grafschaft Glatz und eines Theils von Böhmen und der Ober-Lausitz 1819.“ In dieser von einer geologischen Karte begleiteten Abhandlung bezeichnet Raumer die Pflanzenversteinerungen der Steinkohlenformation „als eine Entwickelungsfolge ungeborner Pflanzenembryonen im Erdenschooß“ und verwahrt sich, wie in früheren Schriften, gegen die Verwerthbarkeit der Versteinerungen zur Altersbestimmung der geschichteten Gesteine.

Im Vergleich mit Mittel- und Norddeutschland blieben die geognostischen Forschungen in Süd- und Westdeutschland erheblich zurück, obwohl gerade diese Länder sich durch Reichthum an Versteinerungen auszeichnen und in der Geschichte der Versteinerungskunde eine hervorragende Rolle behaupten. Der erste Geognost, welcher

*) Raumer Carl v., geboren 1783 zu Wörlitz (Anhalt), studierte zuerst in Göttingen und Halle Jura und Cameralia, siedelte dann, durch Steffens für Naturphilosophie angeregt, nach Freiberg über, um sich von Werner in die Geognosie einführen zu lassen. Seine Untersuchungen über den Syenit und Granit brachten ihn in ein gespanntes Verhältniß zu seinem Lehrer, mit dem er sich aber später wieder aussöhnte. Nach einem Aufenthalt in Paris wurde R. 1811 Professor der Mineralogie in Breslau; er machte 1814 den Befreiungskrieg als Freiwilliger mit; wurde wegen seiner Betheiligung an burschenschaftlichen Bestrebungen 1819 nach Halle versetzt, dort aber vielfach angefeindet, so daß er 1823 seine Professur niederlegte und in einer streng religiösen Privatschule in Nürnberg eine Lehrstelle annahm. 1727 wurde er zum Professor der Naturgeschichte und Mineralogie in Erlangen ernannt und starb daselbst 1865.

die altbayerischen Provinzen untersuchte, war Mathias v. Flurl.*) Sein in der damals beliebten Briefform abgefaßtes Hauptwerk,[50]) enthält lebendige und stets zuverlässige Schilderungen der von ihm bereisten Gebiete. Er berücksichtigt in erster Linie die bergmännischen Verhältnisse, das Auftreten nutzbarer Mineralien, gewährt aber auch über die Beschaffenheit und die Verbreitung der wichtigeren Gesteinsarten, über das Vorkommen von Versteinerungen und über sonstige bemerkenswerthe geologische Erscheinungen vielfachen Aufschluß. Generelle Betrachtungen über Formationslehre, über Entstehung der verschiedenen Gesteine, über Neptunismus oder Vulkanismus suchte Flurl zu vermeiden; er gibt in anspruchsloser und liebenswürdiger Weise wieder, was er gesehen und beschränkt sich auf die nächstliegenden Schlußfolgerungen. Eine in sehr kleinem Maßstab ausgeführte „Gebirgskarte" unterscheidet in den bayrischen Alpen lediglich hohes Kalkgebirg und niedrige Kalk- und Sandflötze; im oberpfälzer Jura nur Kalkstein und Sandstein; im bayrischen Wald und Fichtelgebirg Granit, Gneiß und Schiefer; in der Donauhochebene Gries und Nagelflue.

Für die Geschichte des bayerischen Bergbau's bildet das Flurl'sche Werk, dem einige kleinere Mittheilungen bergmännischen oder mineralogischen Inhaltes folgten, die Hauptquelle, in geologischer Hinsicht darf es allerdings nicht mit den gleichzeitigen, viel eingehenderen Arbeiten von Lasius, Voigt, Heim, geschweige denn mit Freiesleben's musterhafter Darstellung des Kupferschiefergebirges verglichen werden. Flurl war Pionier in der geologischen Erforschung Altbayerns; er liefert werthvolle Bausteine, die jedoch nicht zu einem geschlossenen Gebäude zusammengefügt sind.

*) Mathias v. Flurl ist 1756 zu Straubing in Niederbayern geboren; studierte anfänglich Theologie, wurde dann Repetitor für Physik am Lyceum in München und erhielt 1780 eine Professur für Physik und Naturgeschichte an der sog. Landakademie. 1788 entdeckte er ein Porzellanerdelager in der Oberpfalz und wurde darauf Commissär der Nymphenburger Porzellanfabrik, eine Stellung, welche ihm Veranlassung zu zahlreichen Reisen gab, auf denen er sich mit Vorliebe mit mineralogischen und bergmännischen Studien beschäftigte. In vorgerückten Jahren begab er sich nach Freiberg, um bei Werner seine mineralogischen und geognostischen Kenntnisse zu vervollständigen. Nach seiner Rückkehr schrieb er seine „Beschreibung der Gebirge von Bayern und der oberen Pfalz" (München 1792). Er wurde 1792 zum Hofkammer- und Salinenrath, 1800 zum Director des Salinen-, Berg- und Hüttenwesens befördert und gehörte seit 1797 der bayerischen Akademie an. Er starb 1823 in Kissingen.

Geringe Ausbeute für den Geologen bietet Helfrecht's[51]) physikalische Beschreibung des Fichtelgebirges[50]); dagegen verdankt man Goldfuß und Bischof[52]) eine eingehende Darstellung der geognostischen Verhältnisse des Fichtelgebirges. Sie schildern die Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der daselbst vorkommenden Gesteine aufs genaueste, zeigen ihre gegenseitigen Beziehungen in einem Sammelprofil, verzichten jedoch auf eine Deutung und Altersbestimmung der sedimentären Gebilde.

Ueber den fränkischen Jura schrieben Voith[53]), Goldfuß[54]) und Rosenmüller[55]), über Württemberg und den Schwarzwald v. Struve[56]) und Rösler.[57]) Die merkwürdige Vulkanruine des Kaiserstuhls im badischen Breisgau beschrieb zuerst Baron Dietrich[58]) später Saussure[59]); v. Beroldingen[60]) beschäftigte sich mit der Untersuchung der bayerischen Pfalz, J. Ph. Graffenhauer mit den Vogesen; in Hessen waren v. Klipstein[61]) und Rieß[62]), in Nassau Becher[63]), Heller, J. Schneider, Ullmann u. A., in Rheinland und Westfalen Jordan[64]), Rose[65]), v. Hövel[66]), Nöggerath[67]), v. Raumer[68]) u. A. thätig, so daß am Ende des zweiten Dezenniums dieses Jahrhunderts kaum noch ein Theil Deutschlands geologisch gänzlich unbekannt blieb.

b) Oesterreich-Ungarn und die Alpenländer.

Für die geologische Erforschung Oesterreichs hatte Ferber durch seine Abhandlung über die Gebirge von Ungarn und durch seine Reiseberichte und Beiträge zur Mineralgeschichte Böhmens (Berlin 1774) werthvolle Vorarbeiten geliefert. Der gelehrte Badearzt in Bilin Franz Ambros Reuß*) beschäftigte sich vorzugweise mit den Mineralien seines Heimathlandes, veröffentlichte aber auch verschiedene Abhandlungen über die geognostischen Verhältnisse Nordböhmens, namentlich über die daselbst verbreiteten Basaltberge, welchen er wässerigen Ursprung zuschrieb. Der Umgebung von Karlsbad ist Leop. v. Buch's erste, noch in Freiberg abgefaßte Abhandlung[69]) ge-

*) Franz Ambrosius Reuß, geboren 1761 in Prag, studierte Medicin und später bei Werner in Freiberg Mineralogie; ließ sich als Badearzt in Bilin nieder, woselbst er 1830 starb. Neben seinem Lehrbuch der Mineralogie hat er verschiedene Werke und Abhandlungen verfaßt, worunter die Orographie des nordöstlichen Mittelgebirges in Böhmen 1790 und eine Mineralogische Geographie von Böhmen (2 Bände, 1794—1797) hervorzuheben sind.

widmet. Der Verfasser steht hier noch vollständig auf neptunistischem Standpunkt. Die Karlsbader Thermen werden auf Erdbrände zurückgeführt, denen auch der „pseudovulkanische" Porzellanjaspis, der gebrannte Thon und die Erdschlacken bei Eger ihre Entstehung verdanken sollen.

Nordböhmen und die Gegend von Karlsbad behandelt eine Abhandlung von W. v. Goethe[70]), welcher 1809 eine genaue Beschreibung des Kammerbühls bei Eger folgte, worin Goethe in Uebereinstimmung mit v. Born und im Gegensatz zu der Werner'schen Schule denselben für einen ausgebrannten Vulkan erklärt, dessen Eruptionen unter Wasser stattfanden. Eine Uebersicht der Gebirgsformationen in Mähren lieferte Ch. K. Andrae.

Allgemeineres Interesse beanspruchen die Untersuchungen Fichtel's*) in Siebenbürgen und den Karpathen. Der erste Theil des von der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin herausgegebenen Hauptwerkes[71]) dieses trefflichen Beobachters enthält Mittheilungen über mehrere versteinerungsführende Fundorte von Tertiärversteinerungen in den niedrigen „Vorgebürgen" Siebenbürgens. Im zweiten Theil schildert Fichtel den großen siebenbürgischen Steinsalzstock. Die Verbreitung desselben in Siebenbürgen, den Karpathen und Galizien ist auf einer topographischen Karte eingetragen und der ganze bergmännische Betrieb in den Steinsalzgruben auf Grund amtlichen Materials dargestellt. In den gelegentlich eingestreuten allgemeineren Betrachtungen über Entstehung der Gebirge und der verschiedenen Gebirgsarten gibt sich Fichtel als überzeugten Vulkanisten zu erkennen. Im Anschluß an Leibniz betrachtet er die Erde als ursprünglich glühenden und feurigflüssigen Körper. Die Gesteine der höheren, aus Granit bestehenden, sowie der mittleren aus Schiefer, Gneis, Kalkstein und Saxum metalliferum (Rhyolit, Dacit, Trachyt) zusammengesetzten Gebirge sind feuerigen Ursprungs, die Sande, Thone, Geschiebe und losen Gesteine der „Vorgebürge" Ablagerungen des Ozeans. Das Steinsalz ist nach Fichtel entstanden durch Verdunstung der salzigen, mit Erdöl vermischten Flüssigkeit, welche sich nach Erstarrung der Erdkruste niedergeschlagen hatte und in die großen Hohlräume der letzteren eingedrungen war. Es bildet den Kern der Kar-

*) Joh. Ehrenreich v. Fichtel, geboren 1732 in Preßburg, war zuerst Advokat, dann Verwaltungsbeamter, zuletzt Gubernialrath in Hermannstadt, Siebenbürgen; starb daselbst 1795.

pathen. In einem zweiten Werk[72]) beschäftigt sich Fichtel hauptsächlich mit den vulkanischen Gesteinen. Als solche betrachtet er die erzreichen Porphyre oder Grausteine (Trachyt, Rhyolith, Dacit), die Mandelsteine, Porphyre, Basalte, Perlsteine, den vulkanischen Thonstein, Trapp, Lava ꝛc. Er unterscheidet Ausbruchsvulkane, die Laven hervorbrachten und Erhebungsvulkane, durch welche ganze Gebirgsmassen emporgetrieben wurden.

Daß derartige Anschauungen der Werner'schen Schule wenig paßten, ist begreiflich. Es bereiste darum der Norweger Esmarch*), ein Schüler Werner's, die von Fichtel untersuchten Gebiete und fand überall da, wo Fichtel vulkanische Gesteine gesehen hatte, neptunistische Gebilde. Esmarch suchte nachzuweisen[73]), daß auch in Ungarn und Siebenbürgen, wie in Sachsen, der Granit vom Gneiß- und Schiefergebirge überlagert sei; darüber folge sodann das Saxum metalliferum oder wie er es nannte, das Trapp- und Syenitgebirge. Basalt, Pechstein, Perlstein, Mandelstein ꝛc. hält Esmarch für regelmäßig eingelagerte Flötzgesteine.

Die Berichte des unermüdlichen und originellen Reisenden Hacquet**) über die Nordkarpathen, das Tatragebirge, Galizien, die Bukowina, Siebenbürgen, Moldau und Walachei[74]) ergänzen in mehrfacher Hinsicht die Arbeiten Fichtel's. Bemerkenswerth ist namentlich eine genaue Beschreibung der Salzlager von Wieliczka. Um die Kenntniß des nördlichen Ungarn, der Tatra und Karpathen machten sich neben Hacquet auch Bredetzky und Stanisl. Staszyc verdient. Wichtiger als die Reiseschilderung über die Karpathenländer, welche Hacquet am Abend eines bewegten Lebens schrieb, ist sein Hauptwerk, die »Oryctographia Carniolica«, eine physikalische Erdbeschreibung von Krain, Istrien und benachbarter Gebiete in 4 Bänden (Leipzig 1778—1789). Diese nach dem Muster von Scheuchzer und Saussure

---

*) Jens Esmarch (oder Esmark), geboren 1763 in Houlberg, Stift Aarhuus, studierte in Freiberg, wurde 1802 Lector der Mineralogie und Physik an der Bergschule in Kongsberg, 1814 Professor der Bergwissenschaften an der Universität Christiania, starb 1839.

**) Hacquet Baltazar, geboren 1739 in Le Conquet, Bretagne, machte als Wundarzt in der österreichischen Armee den siebenjährigen Krieg mit; wurde später Professor der Chirurgie und Hebammenkunst am Lyceum in Laibach und 1788 Professor der Naturgeschichte und Medicin an der Universität Lemberg, starb 1815 in Wien.

abgefaßte Monographie eines bis dahin fast unbekannten Theiles des südlichen Alpenzuges, ist die Frucht eines 20jährigen Aufenthaltes in Krain. Dem stattlichen Werk ist eine geographische Karte beigegeben. Der landschaftliche Charakter des Landes, die physikalischen Verhältnisse und die Bevölkerung sind vortrefflich geschildert; leider fehlen aber alle Gebirgsprofile oder genauere Angaben über die Beziehungen, Lagerungsverhältnisse und das Alter der verschiedenen Gesteine. Der Verfasser beschränkt sich auf die Beschreibung einzelner Vorkommnisse von Gesteinen, Mineralien und Versteinerungen, ohne ein Gesammtbild von dem geologischen Bau des ganzen Landes zu entwerfen. Ausgedehnte Reisen durch die dinarischen, julischen, rhätischen und norischen Alpen in den Jahren 1781 bis 1786 verschafften Hacquet Gelegenheit, seine Kenntniß der österreichischen Alpen zu erweitern und in den darüber veröffentlichten Berichten[75]) Beobachtungen mineralogischen, bergmännischen und geologischen Inhaltes niederzulegen, allein zu einem wirklichen Verständniß des geologischen Baues der Alpen gelangte Hacquet nicht. An dieser Aufgabe scheiterten übrigens auch die zwei großen Naturforscher Leop. v. Buch und Alex. v. Humboldt, welche einen gemeinsamen Winteraufenthalt in Salzburg im Jahre 1797 und 1798 dazu benützten, das österreichische und bayerische Salzkammergut zu bereisen. Trotz der ungünstigen Jahreszeit wurden Ischl, Hallstadt, das Gosauthal, Abtenau, Radstadt, Werfen, Hallein und Berchtesgaden theils gemeinsam, theils von Buch allein besucht und von Letzterem[76]) eine anziehende Schilderung der geognostischen und physikalischen Verhältnisse des Salzkammergutes veröffentlicht, wozu Humboldt meteorologische und eudiometrische Beobachtungen und Höhenmessungen lieferte.

Befangen in den Werner'schen Theorieen suchte v. Buch die gewaltigen Schichtenstörungen durch locale Zusammenbrüche und Verrückungen des Schwerpunktes in den Gesteinen zu erklären; Königsee und Hallstädtersee sind als Einsturzbecken gedeutet, die Ausfurchung der Thäler der Wassererosion zugeschrieben. Sämmtliche Kalksteine in den höheren Gebirgen des Salzkammerguts werden dem thüringschen Zechstein gleichgestellt und eine Unterscheidung derselben lediglich nach Farbe und Korn versucht. Das Vorkommen von Versteinerungen bei Hallstadt, in der Gosau und an anderen Orten findet zwar Erwähnung, allein es wird nicht einmal der Versuch gemacht, diese Reste zur Altersbestimmung der verschiedenen Gesteine zu verwerthen. Im

Ganzen trägt diese Abhandlung nur wenig zur Aufklärung des geologischen Baues der Alpen bei. Auch der Versuch, durch Vergleich eines Profils zwischen Innsbruck und Trient mit der von Saussure am Mont Cenis festgestellten Schichtenfolge[77]) die allgemeinen Gesetze des Aufbaus unseres höchsten europäischen Kettengebirges zu ergründen, schlug völlig fehl, weil gerade die beiden gewählten Profile die größten Verschiedenheiten aufweisen und darum die gemeinsamen Gesetze verhüllen. L. v. Buch constatiert den Mangel an Porphyr am Mont Cenis, sowie in den ganzen nördlichen Alpen, im Gegensatz zu der enormen Entwickelung dieses Gesteins südlich vom Brenner; er vergleicht die nördliche und südliche Kalkzone miteinander, erörtert das Verhältniß des Juragebirges zu den Alpen und schildert mit feinem Natursinn die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Theile der westlichen und östlichen Alpen. Das verschwommene und unklare Schlußergebniß dieser vergleichenden Studie kann allerdings wenig befriedigen.

Ein weit vollständigeres Bild von dem Bau der Alpen und des Juragebirges entwarf J. G. Ebel.*) Für die Schweizer Alpen standen ihm die Vorarbeiten von Scheuchzer und Saussure, sowie auch eine Anzahl genauer, von Hans Conrad Escher[78]), dem Erbauer des Linthcanals, aufgenommener Profile zur Verfügung; über den südwestlichen Jura hatten Saussure und J. A. Deluc einige flüchtige Bemerkungen, und Graf Razumowsky[79]) ein umfangreiches Werk veröffentlicht, dessen zweiter Band einigen Aufschluß über die Zusammensetzung dieses Gebirges gewährt. Was über die deutschen, österreichischen, französischen und italienischen Alpen geschrieben war, wußte Ebel mit Umsicht zu verwerthen; in vielen Fällen stützt er sich auch auf eigene

*) Joh. Gottfried Ebel, geboren 1764 in Züllichau, Schlesien, studierte in Frankfurt a. O. Medicin, bereiste dann drei Jahre hindurch die Schweiz und ließ sich 1793 als praktischer Arzt in Frankfurt a. M. nieder. Wegen einer Uebersetzung der Schriften von Siéyes wurde Ebel politisch verdächtigt und genöthigt, nach Paris überzusiedeln, wo er sich neben seinem ärztlichen Beruf mit Anatomie und Naturwissenschaften beschäftigte. 1810 wählte er Zürich zum dauernden Aufenthalt und starb daselbst 1830. In Frankfurt veröffentlichte er seine „Anleitung, auf die angenehmste und nützlichste Art in der Schweiz zu reisen“ 4 Theile, 1793, das Muster unserer heutigen Reisebücher, und später eine „Schilderung der Gebirgsvölker der Schweiz“ 1798—1802. Sein geologisches Hauptwerk „Ueber den Bau der Erde in dem Alpengebirge“ 2 Bände erschien 1808 in Zürich.

Beobachtungen. Ebel's Schilderung der Alpen verdient wegen der Klarheit, womit die Hauptglieder dieses Gebirges gezeichnet sind, besondere Beachtung. Er unterscheidet von den aus Urgesteinen zusammengesetzten centralen „Uralpen" eine südliche und eine nördliche Kalkstein-, Sandstein- und Nagelflue-Zone. Jedes dieser Glieder wird nach seiner geographischen Verbreitung, Längen- und Breiteentwickelung und nach seiner Zusammensetzung beschrieben; die Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten der nördlichen und südlichen Zonen sind vortrefflich hervorgehoben und die Beziehungen der einzelnen Gesteine zu einander durch eine Anzahl Profile erläutert. Eine geologisch colorierte Uebersichtskarte sämmtlicher Gebirge Europas, eine in größerem Maßstabe ausgeführte Karte der Alpen, sowie verschiedene Panoramen erleichtern das Verständniß des Textes. Ebel geht von dem Grundgedanken aus, daß die ganze äußere Erdrinde überall aus Urfels (Granit, Gneiß und krystallinische Schiefer) zusammengesetzt ist, welcher später an vielen Stellen vom Flötzgebirge und aufgeschwemmtem Lande bedeckt wurde. Das Urgebirge bildet den centralen Theil der Alpen und erweist sich sowohl hier wie allenthalben sonst als ein Complex von aufrecht stehenden oder stark geneigten Schichten oder Tafeln von wechselnder Zusammensetzung. Alle einzelnen Gesteinsarten des Urgebirges wiederholen sich mehrfach, sie gehören daher einer einzigen Schöpfungsperiode an, während welcher die gleichen Verhältnisse periodisch wiederkehrten. Zu den Urfelsen gehört auch der Urkalkstein. Der Kohlenstoff ist nach Ebel nicht überall ein Product des Pflanzenreichs, sondern z. B. in den Kohlenblenden und schwarzen Schiefern ein auf anorganischem Wege entstandenes Gebilde. Ebenso gehören die Erze und edlen Metalle dem Urfels ursprünglich an und sind nicht, wie Werner meinte, erst später durch Infiltration oder Ausfüllung von Spalten und Gängen in denselben gelangt. Die steile Aufrichtung der Urgesteine hebt Ebel als eine charakteristische Eigenthümlichkeit besonders hervor und nimmt mit Alex. v. Humboldt an, daß die Urgesteine allenthalben in gleicher Richtung streichen und den Meridian in der Richtung von SW. nach NO. schneiden. Auf das Urgebirge folgt das fast durchwegs auf mechanischem Wege entstandene Flötzgebirge, welches in den Alpen die beiden Kalkzonen bildet und überwiegend aus Kalkstein, Thonschiefer und Flötztrapp besteht. Auf die Eintheilung in Formationen im Sinne der Freiberger Schule legt Ebel wenig Gewicht, zeigt aber, daß in den ältesten Flötzgesteinen,

welche dem Urfels aufruhen (Thonschiefer und älterer Kalkstein) nur wenige Reste fossiler Meeresgeschöpfe vorkommen; sie werden zahlreicher in den jüngeren Schichten; später erscheinen auch fossile Fische und Pflanzen, dann Amphibien und zuletzt in dem aufgeschwemmten Land und der Sandsteinzone ganze Gerippe von Landsäugethieren, Vögeln und Baumstämme. So „sind also große Geschichtsbruchstücke der beginnenden und sich immer entwickelnden Staffel der lebenden Geschöpfe der Erde unauslöschlich in den Flötzgebilden mit Schriftzeichen eingegraben, deren vollständige Entzifferung die Nachwelt dem vereinigten Beobachten und Bemühen der Erdforscher zu danken haben wird". (Bd. 2, S. 412.) Streichen und Fallen sind im Flötzgebirge großem Wechsel unterworfen, doch findet auch hier wieder eine periodische Wiederholung gleichartiger Gesteine statt. Sowohl das Urgebirge als auch die Kalkzonen zeigen Spuren heftiger Zerstörungen und Verwüstungen, als deren Resultate die Thäler, sowie die aus zertrümmerten Gesteinsbrocken bestehenden Nagelfluen und Geschiebelager der äußeren Zonen zu betrachten sind. Diese Zerstörungen erklärt Ebel durch gewaltige Fluthen und durch periodisch wiederkehrende Einbrüche des Ozeans in die Festländer. Der letzte und heftigste Fluthensturm hatte die Richtung von Südost nach Nordwest, und von diesem sollen die mächtigen Geschiebelager und erratischen Felsblöcke herrühren, welche in so ungeheurer Menge am Fuße der Alpen und in der norddeutschen Ebene zerstreut sind. Die Verbreitung der erratischen Blöcke am Nordfuß der Alpen ist in ausführlicher Weise geschildert, und ebenso läßt die Aufzählung der in den jüngsten Ablagerungen vorkommenden Ueberreste von Landthieren und Landpflanzen eine große Literaturkenntniß des Verfassers erkennen. Bei der Beschreibung des Juragebirges, welches Ebel zum erstenmal nach der geologischen Beschaffenheit begrenzt, indem er zu demselben auch die schwäbische und fränkische Alb rechnet, hebt er den gewölbeartigen Schichtenbau als besondere Eigenthümlichkeit hervor, ohne eine Erklärung für diese Erscheinung finden zu können.

Die Bedeutung des Ebel'schen Werkes ist vielfach unterschätzt worden wegen der sonderbaren naturphilosophischen Speculationen, wodurch er die Entstehung und Entwickelung der Erde zu erklären versuchte. Die vermeintliche Periodicität, welche Ebel überall bei der Entstehung des Urgebirges und des Flötzgebirges zu finden glaubte, verleitete ihn, den Erdkörper mit einer voltaischen Säule in Kugel-

gestalt zu vergleichen, worin ein lebendiges Element nicht nur die Organisation des Pflanzen- und Thierreichs hervorbrachte, sondern auch in den scheinbar todten Mineralien und Gesteinen waltet und deren Entstehen bedingt. Alle theoretischen Speculationen und Schlußfolgerungen sind übrigens in dem Ebel'schen Werk streng von der völlig objectiven Darstellung der Thatsachen und Beobachtungen getrennt, so daß dasselbe in dieser Hinsicht noch heute mit Vortheil benützt werden kann.

Neben den groß angelegten Arbeiten von Ebel und L. v. Buch verdienen eine Reihe anderer Publicationen über die geologischen Verhältnisse der Alpen Erwähnung. Joh. Conrad Escher (geb. 1767, gest. 1823 in Zürich) untersuchte einen großen Theil der Schweiz und veröffentlichte schon 1796 eine geognostische Uebersicht der Schweizer Alpen, der später eine Profilserie von Zürich nach dem Gotthard und eine Reihe kleinerer Abhandlungen in Moll's Ephemeriden und Leonhard's mineralogischem Taschenbuch folgten. Die Escher'schen Beobachtungen zeichnen sich durch musterhafte Genauigkeit aus und stehen an Treue den Saussure'schen Schilderungen ebenbürtig zur Seite. J. A. Schultes bereiste die nieder- und oberösterreichischen und Salzburger Alpen, das Glocknergebiet, und veröffentlichte darüber ausführliche Berichte; A. Stütz schrieb (1807) eine Oryctographie von Unterösterreich; M. J. Anker (1809) eine Mineralogie von Steyermark; Mohs lieferte eine Beschreibung der Villacher Alpen (Moll's Ephemeriden III. 1807), D. A. G. Karsten entwarf ein Profil zwischen Wien, Triest und Salzburg (Moll's Ephemeriden I. 1805), Lupin und Uttinger widmeten ihre Aufmerksamkeit den Allgäuer Alpen; Pfaundler, Brocchi und Graf Marzari-Pencati lenkten die Aufmerksamkeit der Geologen auf die interessanten Verhältnisse im Fassathal und bei Predazzo; J. Selb schilderte Graubünden (1812), Héricart de Thury das Chalanches-Gebirge und das Departement Isère (Journal des Mines 1806, 1812 und 1813), Omalius d'Halloy das Departement des Alpes maritimes (ibid. 1810); Lardy und Charpentier arbeiteten im Wallis. Bemerkenswerthe Aufsätze veröffentlichte Leop. v. Buch über die Alpen zwischen Glarus und Chiavenna (1809) und über das Berninagebirge (1814). Die große Mehrzahl dieser Publicationen hat lediglich locale Bedeutung und lieferte für das Verständniß des Gebirgsbaues der Alpen nur wenig förderliches Material.

c) Italien.

In Italien fesselten schon frühzeitig die versteinerungsreichen Tertiärablagerungen und die Vulkane das Interesse der Naturforscher. Den epochemachenden Arbeiten Arduino's (vgl. S. 53) über die Gliederung der Formationen bei Verona schlossen sich verschiedene Abhandlungen des durch umfassendes, auf ausgedehnten Reisen erworbenes Wissen und feine Beobachtungsgabe ausgezeichneten, jedoch phantastischen Albert Fortis*) hervor. Seine zahlreichen Abhandlungen beschäftigen sich vorzugsweise mit den Tertiärbildungen und vulkanischen Gesteinen der Gegend von Vicenza; sie enthalten bemerkenswerthe Angaben über einige theils schon bekannte (Monte Bolca), theils neu entdeckte Localitäten (Brendola, San Vito, Grancona) von Versteinerungen. Die berühmten Tuffe von Ronca betrachtet Fortis als marinen, durch vulkanische Hitze geschmolzenen Thon. Unter den fossilen Fischen von Bolca glaubte er 6—7 noch jetzt in den südlichen Meeren lebende Arten zu erkennen, eine Meinung, welche auch Volta[80]) in seiner prächtigen Monographie der Bolcafische theilte, worin die Zahl der recenten Species auf 110 erhöht wird. Die ersten Anhaltspunkte über den geologischen Bau von Dalmatien, namentlich über das Vorkommen von Nummuliten bei Bencovac und Sebenico, über Knochenbreccien von Cherso ꝛc. verdankt man Fortis. In der Basaltfrage stellte er sich unter dem Einfluß von Desmarest, den er auf Excursionen in der Umgebung von Vicenza begleitet hatte, entschieden auf die Seite der Vulkanisten und glaubt sogar, daß durch die brennenden Vulkane im Vicentinischen die Temperatur des Adriatischen Meeres derart erhöht wurde, daß darin tropische Mollusken und Fische leben konnten. Nicht sonderlich glücklich war Fortis in seinen paläontologischen Untersuchungen über die Discolithen (Nummuliten), deren Kenntniß er trotz der aufgewandten Mühe kaum in nennenswerther Weise förderte.

Viel bedeutender wurde der Einfluß Brocchi's.**) Dieser

---

*) Giov. Batt. Alberto Fortis, geboren 1741 in Padua, gestorben 1803 in Bologna; war Augustiner, reiste viel und war zuletzt Bibliothekar in Bologna. Die meisten seiner Abhandlungen ließ er 1802 in einer Gesammtausgabe in französischer Sprache nochmals veröffentlichen. (Mémoires pour servir à l'histoire naturelle et principalement à l'Oryctographie d'Italie et des Pays adjacents. 2 vol. Paris 1802.)

**) Brocchi Giovanni Battista, geboren 1772 in Bassano, studierte in Padua Jurisprudenz und Theologie, wurde Professor der Naturgeschichte in

gelehrte und geistvolle Forscher eröffnete seine literarische Thätigkeit mit einer mineralogisch-chemischen Abhandlung über die Eisenbergwerke von Mella im Val Trompia; er studierte darauf die krystallinischen, basaltartigen Gesteine des Fassathals, denen er als Anhänger Werner's wässerigen Ursprung zuschrieb, wandte sich dann der Untersuchung der jüngeren versteinerungsführenden Tertiärablagerungen zu und schrieb darüber seine epochemachende Conchyliologia fossile subapennina (Milano 1814, 2. Bände in 4° mit 16 Tafeln). Das stattliche Werk beginnt mit einer geschichtlichen Uebersicht der Entwickelung der Versteinerungskunde in Italien, schildert in der Einleitung den Aufbau der Apenninen und der angrenzenden Ebenen und unterscheidet von den tertiären Ablagerungen die secundären Gesteine, welche die eigentliche Gebirgskette zusammensetzen. Die Beschreibung der tertiären Conchylien aus allen Theilen Italiens bildet den Hauptinhalt des Brocchi'schen Werkes. Ihr Vorkommen, ihre Vertheilung in den verschiedenen sandigen und thonigen, marinen und limnischen Schichten wird genau angegeben und in einem besonderen Kapitel das Vorkommen von Landsäugethieren, Cetaceen und Fischen ausführlich erörtert. Die Beschreibungen und Abbildungen der Conchylien sind tadellos. Brocchi erkennt ihre große Aehnlichkeit und theilweise Identität mit den noch jetzt im Mittelmeer und in der Adria lebenden Arten und ebenso die Verschiedenheit mit den von Lamarck und Brongniart aus der Gegend von Paris beschriebenen Formen. Er erklärt diese Differenzen aber nicht durch abweichendes geologisches Alter, sondern durch die verschiedene geographische Verbreitung. Die fossilen Conchylien Italiens müßten demnach mit jenen des Mittelmeeres, die des nördlichen und westlichen Frankreichs mehr mit solchen des atlantischen Ozeans übereinstimmen. Besonderes Interesse beanspruchen Brocchi's Ideen über das Erlöschen und die Lebensdauer fossiler Gattungen und Arten. Er bekämpft die Annahme von gewaltigen Katastrophen, denen sämmtliche oder ein großer Theil der ehemals vorhandenen lebenden Wesen zum Opfer fielen, glaubt vielmehr an eine beständige und gesetzmäßige Entwickelung. Wie

---

Brescia und später Inspector der Bergwerke des Königreichs Italien. Er bereiste fast ganz Italien und veröffentlichte eine große Zahl mineralogischer, geologischer und paläontologischer Abhandlungen; 1823 machte er eine Reise nach dem Orient, besuchte den Libanon und Aegypten, begab sich als Ingenieur nach dem Sudan, woselbst er 1826 dem ungesunden Klima in Chartum erlag.

jedem Individuum eine bestimmte Lebensdauer zugemessen sei, die je nach der Organisation eine längere oder kürzere sein kann, so besitze auch jede Species und jede Gattung eine bestimmte Lebenskraft, nach deren Erschöpfung sie aus Altersschwäche zu Grunde gehen muß. Obwohl Brocchi bei den Tertiärconchylien benachbarter Länder dem verschiedenen Alter der Ablagerungen kein sonderliches Gewicht beilegt, verkennt er keineswegs den fundamentalen Unterschied zwischen den Versteinerungen der tertiären und secundären Gebirge und erklärt das Vorkommen der erloschenen Belemniten, Ammoniten, Terebrateln u. s. w. in den letzteren durch ihr höheres geologisches Alter. Nach Vollendung seines Hauptwerkes wandte sich Brocchi hauptsächlich dem Studium der vulkanischen Gesteine in Mittel- und Unteritalien zu und ging allmählich zu den Vulkanisten über.

Die süditalienischen Vulkane übten von jeher eine große Anziehungskraft auf die naturforschenden Kreise aus, doch waren es nur zum kleineren Theil Angehörige des ehemaligen Königreiches Neapel, denen man eingehendere Studien über die dort noch thätigen und erloschenen Feuerberge verdankt.

Für den Vesuv und Aetna hatte das Hamilton'sche Prachtwerk (S. 62) eine vortreffliche Grundlage geschaffen. Dieselbe wurde ergänzt durch Dolomieu's Schilderungen der Liparischen und Pontinischen Inseln, und ganz besonders durch dessen eingehende mineralogische und petrographische Beschreibung der vulkanischen Produkte dieser Inseln und des Aetna. Indem sich Dolomieu*) nicht, wie die meisten seiner Vorgänger, auf die Beschreibung der äußeren Gestalt der vulkanischen Berge und die charakteristischen Erscheinungen ihrer Thätigkeit beschränkte, sondern die Laven, lockeren Auswurfsproducte, Sublimationen rc. genau studierte und mit anderen Gesteinen verglich,

*) Dolomieu Deodat Guy S. Tancrède de, geboren 1750 zu Dolomieu in der Dauphiné, war Maltheserritter und Officier, machte mehrjährige Reisen in Sicilien, Süd- und Mittelitalien, den Pyrenäen und Alpen, wurde 1796 Professor an der École de Mines und begleitete die französische Expedition nach Aegypten. Auf der Heimreise wurde er in Neapel festgehalten und aus politischen Gründen zwei Jahre eingekerkert. Nach seiner Befreiung wurde er 1800 Professor der Mineralogie am Musée d'histoire naturelle in Paris; starb aber schon 1801 in Paris. Seine wichtigeren geologischen Werke sind: Voyage aux îles de Lipari. Paris 1783. — Sur le tremblement de Terre de la Calabre. Rome 1784. — Sur les îles Ponces et Catalogue raisonné des produits de l'Etna. Paris 1788.

gelangte er zu dem Ergebniß, daß zwischen den krystallinisch-körnigen Laven und den schlackigen, glasigen und porösen Gesteinen (Obsidian, Bimsstein) alle Uebergänge vorkommen, so daß die letzteren nur einen abweichenden Structurzustand der ersteren darstellen. Daraus folgerte er eine eigenthümliche Einwirkung der vulkanischen Hitze auf die Gesteine. Dieselbe zerstört die ursprüngliche Basis nicht bis zur Unkenntlichkeit, wie die Schmelzprozesse in unseren Laboratorien oder Hochöfen, sondern erzeugt durch ihre geringere Intensität einen Flüssigkeitszustand, welcher den einzelnen Mineralien ein Ausweichen und eine Erhaltung ihrer charakteristischen Form innerhalb des Schmelzflusses gestattet. Dolomieu vergleicht die Wirksamkeit der vulkanischen Hitze mit der des Wassers in einer Mischung von Salzen, wobei letzteres lediglich als Lösungsmittel fungiert. Er nahm ferner an, die Laven enthielten eine brennbare Substanz (vielleicht Schwefel), welche die geschmolzenen Gesteine so lange flüssig erhalte, bis sie vollständig aufgezehrt sei. Die Anwesenheit dieser brennbaren Substanz sei auch Ursache der überaus langsamen Erstarrung der Lavaströme, sie veranlasse durch ihre Expansionskraft die Schlackenkegel auf der Oberfläche der Lavaströme, sowie das Empordringen der geschmolzenen Magmen im Innern der Vulkane bis zur Ausbruchsöffnung. Der Basalt ist nach Dolomieu entschieden feuerflüssigen Ursprungs, nicht wesentlich verschieden von gewissen prismatisch erstarrten Laven, jedoch meist durch submarine Eruptionen entstanden. Aus dem Wechsel von Lavaströmen mit sedimentären Schichten am Aetna folgerte er, daß auch die sogenannten Trappe in der Gegend von Vicenza, Erzeugnisse vulkanischer Thätigkeit seien. Dolomieu bestätigte 1797 die Behauptung Giraud Soulavie's, daß die Vulkane der Auvergne und im Vivarais den Granit durchbrechen und theilweise auf diesem ruhen. Seine späteren Arbeiten sind petrographischen und mineralogischen Inhaltes. 1791 machte er auf die Eigenthümlichkeiten des in den Südalpen verbreiteten Gesteins aufmerksam, das nach ihm den Namen Dolomit erhielt.

Neben Dolomieu beschäftigte sich G. Gioeni[81]) mit den Producten des Vesuvs und veröffentlichte 1790 eine ausführliche Beschreibung derselben. Dem umfangreichen Reisewerk des gelehrten Paduaner Professors Lazzaro Spallanzani[82]) gebührt ein Ehrenplatz in der geologischen Literatur Italiens. Seine ausführlichen Beschreibungen der Vulkane in der Umgebung von Neapel, des Aetna, der liparischen

Inseln, der Euganeen, sowie der Salsen, Gas- und Dampfquellen im Apennin übertreffen an Genauigkeit und Vollständigkeit alle früheren Veröffentlichungen und verdienen noch heute gelesen zu werden.

Ein besonderes Verdienst erwarb sich Spallanzani*) durch Einführung des Experimentes zur Lösung geologischer Fragen. Die Thatsache, daß die natürlichen gluthflüssigen Laven der Vulkane durch eingeschlossene elastische Gase ihre blasige, poröse und schlackige Structur erhalten und durch diese gehoben werden, veranlaßte Spallanzani zu Schmelzversuchen vulkanischer Gesteine.[83]) Er wollte dadurch ermitteln, ob solche Gase beim Flüssigwerden der Laven sich entwickeln und von welcher Beschaffenheit dieselben seien. Es zeigte sich nun, daß pulverisierte vulkanische Gesteine auch bei mehrstündigem Schmelzen keine besonderen Gase abgeben, wohl aber eine blasige Beschaffenheit annehmen oder auch theilweise sublimieren und an den Wandungen des Tiegels haften. Spallanzani schloß daraus, daß diese Wirkungen nicht durch ein „permanentes Gas", sondern durch ein „luftartiges Fluidum", welches durch die hohe Temperatur in dem Schmelzfluß frei wird, bedingt seien. Dieses luftartige elastische Fluidum durchdringt nach Spallanzani auch die geschmolzenen Laven der Vulkane und erklärt die Bewegung, das Aufsteigen und Ausbrechen derselben. Größere Ansammlungen des Fluidums verursachen locale vulkanische Erdbeben, unterirdisches Getöse und Zerreißungen in den Flanken der vulkanischen Berge; für heftigere Eruptionen reicht das Fluidum jedoch nicht aus, sondern bei diesen gesellt sich noch die Wirkung von eingeschlossenen Wasserdämpfen hinzu. Spallanzani macht auf die geographische Lage der thätigen Vulkane in der Nähe des Meeres aufmerksam und zeigt durch Experimente die Wirkung von Wasser auf geschmolzene Gesteinsmassen. Eine zweite Serie von Schmelzversuchen[84]), angestellt in den Glasöfen von Pavia, sollte den Einfluß lang andauernder, wenn auch nur mäßiger Hitze auf vulkanische Gesteine prüfen, da Dolomieu dadurch die krystallinische Beschaffenheit der letzteren zu erklären versucht hatte. Verschiedenartige Laven wurden bestimmten Temperaturen 45, einige sogar

*) Spallanzani Lazzaro, geboren 1729 zu Scandiano bei Modena, studierte in Reggio und Bologna Theologie, wurde Professor der Metaphysik zu Reggio und Modena, später Professor der Naturgeschichte in Pavia; starb 1799. Spallanzani nimmt unter den Zoologen und Physiologen seiner Zeit eine der ersten Stellen ein.

90 Tage lang ausgesetzt. Das Resultat zeigte, daß lang anhaltende mäßige Hitze ähnliche Wirkungen hervorruft, wie eine höhere, aber nur kurze Zeit dauernde Temperatur. Die dem Versuch unterworfenen Laven erhielten zuerst eine glasige Rinde und nach 90 Tagen waren auch die streng flüssigsten in Glasmasse verwandelt. Spallanzani untersuchte ferner, ob nach der Annahme Dolomieu's ein Zusatz von Schwefel oder Schwefelkies die Flüssigkeit der Lava befördere und ob das Schmelzproduct nach der Erkaltung krystallinisch-körnige und nicht glasartige Beschaffenheit besitze. Das Resultat war durchaus negativ. Die mit Schwefel gemischten pulverisierten Laven bedurften dieselbe Zeit, um in Fluß zu gerathen, wie unvermischte Proben und lieferten nach dem Erkalten genau dieselben Gläser. Spallanzani bekämpft darum die Dolomieu'sche Hypothese von dem Vorhandensein einer brennbaren Substanz in den fließenden Laven unter Betonung der Thatsache, daß niemals leuchtende Flammen auf der Oberfläche von Lavaströmen beobachtet werden. Er macht ferner die wichtige Bemerkung, daß alle Laven sich leicht künstlich wieder schmelzen lassen. Nach der Dolomieu'schen Hypothese hätten sie dagegen während des Ausfließens aus dem Vulkan und während der Erkaltung ihr Flußmittel aufgebraucht und müßten darum nachträglich viel schwerer ins Schmelzen zu bringen sein. Die zahlreichen Experimente führten übrigens Spallanzani zu dem wenig befriedigenden Ergebniß, daß das Feuer der Vulkane andere Wirkungen hervorbringe, als die künstliche Hitze in den Schmelzöfen; erstere erzeuge krystallinisch-körnige und glasige Gesteine, letztere nur Gläser. Dieses physikalische Räthsel finde, so meint Spallanzani, vielleicht in der Vermischung von Wasser mit dem glühenden vulkanischen Magma seine Erklärung.

Zu den thätigsten und geistvollsten Geologen Italiens gehört unstreitig Scipio Breislak (vgl. S. 111). Seine durch mehrere Karten erläuterten Schilderungen[85]) der phlegräischen Felder, der erloschenen Vulkane bei Rocca Monfino, des Monte Somma, des Vesuvs, der Vulkane von Bajae, Procida und Ischia enthalten treffliche Beobachtungen und ergänzen in vielfacher Hinsicht die Spallanzani'schen Untersuchungen. Ein summarischer Überblick über denjenigen Theil der Apenninen, welcher die vulkanische Region des italischen Festlandes umgürtet, sowie eine Beschreibung des Bodens von Rom verdienen als erste geologische Localuntersuchungen der betreffenden

Gegenden Beachtung, wenn sie auch nicht frei von groben Irrthümern sind. Breislak ging von der Ansicht aus, der Vulkanismus sei eine locale Erscheinung, die vulkanischen Producte nur umgeschmolzene und vom Feuer veränderte Gesteine. Als Ursache der vulkanischen Eruptionen hält er das flüssige Bergöl, das im Boden circuliert, sich an gewissen Stellen und Hohlräumen ansammelt und dort durch irgend einen Umstand (Elektricität, Verbindung mit Phosphor) sich entzündet. Diese Theorie ist in Breislak's Lehrbuch der Geologie ausführlich dargelegt.

Ein achtmonatlicher Aufenthalt in Rom im Jahre 1798 brachte Leop. v. Buch in freundschaftliche Beziehung zu Breislak, mit dem er gemeinsam die Nachbarschaft der Kaiserstadt durchwanderte. Mehrere Abhandlungen waren die Frucht dieser Studien. Die umfangreichste darunter (geologische Uebersicht der Gegend von Rom)[86]) zeichnet sich durch Klarheit und Präcision in der Beschreibung der einzelnen Gesteine und deren Altersfolge aus. Die älteste Ablagerung, der Apenninenkalk, wird dem Zechstein und dem Alpenkalk gleichgestellt und davon die marinen Sandsteine, Sande und Thone des Monte Mario und Janiculus getrennt. Als dritte Formation betrachtet v. Buch den Basalt von Capo di Bove und des Albaner Gebirges, über dessen wässerige Entstehung ihm bereits ernste Zweifel aufsteigen. Als treuer Anhänger Werner's hält er aber doch noch an der Theorie des Lehrers fest. Meisterhaft sind die Beschreibungen des Travertins und Tuffes, dessen wässerige Entstehung Buch in überzeugender Weise darlegt, wenn er auch den vulkanischen Ursprung vieler Bestandtheile desselben anerkennt. Er leitet das Material der Vulkane vom Albaner Gebirge her, während Breislak irrthümlicher Weise die Ausbruchsstellen des alten römischen Vulkans in die sieben Hügel der Stadt Rom versetzte. In einer zweiten Abhandlung über die Entstehung des Leucits[87]) suchte v. Buch nachzuweisen, daß sich die Leucitkrystalle in der Lava während ihres Flusses ausgeschieden hätten und darum als vulkanische Producte und nicht als präexistierende Bestandtheile eines neptunischen, durch vulkanisches Feuer umgeschmolzenen Gesteines zu betrachten seien. Damit lieferte er gegen seinen Willen den Vulkanisten Waffen in die Hände und erschütterte die Lehre von der wässerigen Entstehung der leucitführenden Basalte.

Der langersehnte Anblick eines thätigen Vulkans wurde L. v. Buch 1799 zu Theil, nachdem die Kriegswirren aufgehört und Neapel

wieder zugänglich geworden war. Mit dem lebhaftesten Interesse studierte er die Erscheinungen am Vesuv, und in farbenreichen Briefen schildert er die Campania felice, den Vesuv und den Golf von Neapel mit seiner Umgebung. In einem Schreiben an A. Pictet gesteht v. Buch zu, daß zwischen dem Lavastrom von Torre del Greco und Basalt kein Unterschied zu erkennen sei; da jedoch die Versuche von Hall zeigten, daß Basalt beim Umschmelzen wieder in krystallinischer Form erstarren könne, so liefere eben präexistierender Basalt das Material für die Lavaströme des Vesuvs. Das Gestein der Solfatara und anderer Gegenden beweise übrigens, daß nicht jede Lava Basalt sei. Die kegelförmige Gestalt vieler Basaltberge sei Folge der Erosion und habe genetisch nichts gemein mit den conischen Vulkanen. Letztere sind nach v. Buch entstanden durch successive Lavenergüsse und Anhäufung loser Auswurfsproducte und bestehen aus abwechselnden und geneigten Schichten von Lava, Asche und Tuffen; die Basaltberge sind homogen und meist horizontal geschichtet. Die Vulkane besitzen durchschnittlich eine viel bedeutendere Höhe als die Basaltberge und ihren Gesteinen fehlen die für Basalt so charakteristischen Zeolithe. In den vesuvianischen Laven hält v. Buch den Augit für einen präexistirenden Bestandtheil, den Leucit für eine im Feuerfluß entstandene Neubildung, welche zuweilen noch schlackige Theilchen der Matrix einschließt. Leucithaltige Laven sind darum nach v. Buch umgeschmolzener Basalt, leucitfreie Basalte dagegen stellen den ursprünglichen Zustand des auf wässerigem Wege entstandenen Gesteines dar. Die thätigen Vulkane haben stets jüngere sedimentäre Gesteine zur Grundlage und finden sich meist in der Nachbarschaft von Steinkohlenlagern. Uebrigens müsse die befriedigendste Erklärung der Vulkane, nämlich die Werner'sche Steinkohlenentzündung, mit Vorsicht angewandt werden, denn am Vesuv suche man vergeblich nach Steinkohlenflötzen, „und wie wenn es bewiesen wäre, daß vulkanische Phänomene primitive Gebirgsarten durchbrächen?" Hier zeigen sich bereits ernste Zweifel an der Richtigkeit der Werner'schen Lehren, wenngleich Leop. v. Buch auch Angesichts des Vesuvs Neptunist bleibt. Die vulkanischen Phänomene spielen sich, wie er zuerst in seinem Brief an Pictet und später ausführlicher in seiner Beschreibung von Neapel darlegt, stets in einer gesetzmäßigen Reihenfolge ab. Sie beginnen mit Erdbeben, darauf entstehen radiale Spalten auf den Flanken des Berges, aus denen Lavaströme hervorquellen, dann räumen die gespannten Dämpfe

den Gipfelkrater aus und schleudern enorme Massen von Asche und losen Auswürflingen unter gewaltiger Rauchentwickelung in die Luft. Ist der Krater geleert, so tritt Ruhe ein und nur Exhalationen von schädlichen Gasen (Moffetten) bezeichnen das letzte Stadium eines erlöschenden Vulkans.

Ging die wissenschaftliche Erkenntniß der Vulkane zu nicht geringem Theil von Italien aus, so spielt auch für die Erdbebenkunde die gewaltige Erschütterung, von welcher Calabrien im Jahre 1783 heimgesucht wurde, eine hervorragende Rolle. Die Bedeutung dieses Erdbebens beruht darin, daß während und nach dem Ereigniß eine Anzahl in wissenschaftlicher Beobachtung geübter Männer die dabei auftretenden Erscheinungen und Wirkungen aufzeichneten und so die erste exacte Darstellung eines derartigen Ereignisses lieferten. Die Berichte des kgl. Leibarztes Vivenzio und des Arztes Pignataro über die Art, Dauer, Zahl und räumliche Verbreitung der Erdstöße, des Staatssekretärs Fr. A. Grimaldi auf Autopsie beruhende Schilderungen der durch das Erdbeben hervorgerufenen Zerstörungen und Veränderungen des Bodens, die Berichte des Grafen Ippolito an die kgl. Akademie in Neapel und schließlich eine Abhandlung des englischen Gesandten Sir William Hamilton enthalten eine solche Fülle werthvoller Beobachtungen und Thatsachen, wie sie von keinem früheren Erdbeben in ähnlicher Weise überliefert waren.

d) Frankreich, Belgien, Holland und die iberische Halbinsel.

Unter dem mächtigen Einfluß Buffon's erwachte in Frankreich, das bisher hinter Deutschland, Italien und Großbritannien zurückgeblieben war, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ein lebhaftes Interesse für geologische und paläontologische Studien. Und in der That bietet kaum ein anderes Land Europas hiefür reichlichere Anregung als gerade Frankreich mit seinem so mannigfaltig zusammengesetzten und doch, abgesehen von den Pyrenäen, Alpen, der Bretagne und den Ardennen, verhältnißmäßig so einfach und klar gegliederten Boden, mit seinen wundervollen erloschenen Vulkanen und seinem erstaunlichen Reichthum an wohl erhaltenen Versteinerungen.

Mehrere Dezennien hindurch standen die 1752 von Guettard entdeckten Vulkane der Auvergne im Vordergrunde des Interesses. Dem unermüdlichen Desmarest gelang es 1763 auf dem Plateau

von Prudelle bei Clermont säulenförmigen Basalt in engster Verbindung mit einem Lavastrom zu beobachten und durch mehrjährige eingehende Untersuchungen so viele Thatsachen für die vulkanische Entstehung des Basaltes zu sammeln, daß seine 1774 und 1777 veröffentlichte Abhandlung[88]) eigentlich keinen Zweifel mehr über den Ursprung und die Natur dieses Gesteines übrig ließ. Desmarest war auch von der Richtigkeit seiner Anschauung so überzeugt, daß er sich an dem Streit zwischen Neptunisten und Vulkanisten gar nicht betheiligte, sondern allen Zweiflern die lakonische Antwort zurief: „Gehet hin und sehet." Es ist merkwürdig, daß die durchschlagende Abhandlung von Desmarest über den Ursprung des Basaltes von Werner und seiner Schule vollständig ignoriert wurde. Auch Desmarest's 1775 der k. Akademie vorgelegte, aber erst 1806 veröffentlichte Studie über die Bestimmung der verschiedenen Epochen vulkanischer Thätigkeit in der Auvergne hat trotz ihres gehaltvollen Inhaltes in Deutschland kaum Beachtung gefunden. In Frankreich allerdings, wo man Desmarest's Arbeiten nach ihrem vollen Werthe zu würdigen wußte, wo ferner durch das prächtige Werk von Faujas de Saint-Fond und die lebendigen Schilderungen des Abbé Giraud Soulavie die Vulkane des Vivaray und Velay mit ihren prachtvollen, säulenförmigen Basalten und Lavaströmen allgemein bekannt waren, vermochte die neptunistische Schule keine Anhänger zu gewinnen, nachdem sogar d'Aubisson, welcher die Anschauung seines verehrten Lehrers Werner in Frankreich zu verbreiten suchte, als überzeugter Vulkanist aus der Auvergne zurückgekehrt war.

Dem Kampfe um die Entstehung des Basaltes und der Vulkane konnte der bedeutendste und streitbarste Schüler Werner's in Deutschland, Leop. v. Buch, nicht theilnamlos zusehen. Nachdem er Neapel und den Vesuv kennen gelernt hatte, zog es ihn im Frühjahre 1802 unwiderstehlich nach der Auvergne. Dort hatte inzwischen der geistreiche Politiker und Naturphilosoph Graf Fr. Dom. Reynaud de Montlosier[89]) eine neue Theorie über die Vulkane veröffentlicht, welche L. v. Buch in hohem Grade anregte. Montlosier erkannte, wie vor ihm Desmarest, daß sich in der Auvergne Vulkane von verschiedenem Alter unterscheiden lassen. Die jüngeren haben ihre typische Kegelgestalt und ihre Krater meist unversehrt bewahrt und sind durch Lavaströme, Schlacken und lose Auswürflinge gekennzeichnet. Bei den älteren, meist höher gelegenen, vermißt man alle diese Merk-

male; es sind zusammenhängende, häufig auf Granit ruhende Bergrücken oder isolierte Berge aus säulenförmigem Basalt oder trachytischen Gesteinen zusammengesetzt. Während sich nun die jüngeren Vulkane als Aufschüttungskegel von Lavaströmen und losen Auswurfsproducten darstellen, sind die letzteren nach Montlosier in breiartigem Zustande auf einmal emporgehoben worden.[90])

Leop. v. Buch überzeugte sich schon durch seine ersten Ausflüge in der Nachbarschaft von Clermont, daß die vulkanischen Kegelberge in der That, wie Dolomieu, Montlosier, Gir. Soulavie u. A. angegeben hatten, auf frischem, unverändertem Granit ruhen, und daß keine Steinkohlenlager oder Anhäufungen entzündlicher Substanzen in der Nähe seien. Durch die Untersuchung der Puys gelangte er zu dem Ergebniß, die aus dem Granit hervorgebrochenen Laven seien aus demselben entstanden und nur durch unterirdische Hitze und chemische Agentien umgeschmolzener Granit. In dem lichten Trachytgestein des Puy de Dôme, welches v. Buch Domit nannte, glaubte er ähnlich wie Desmarest eine Zwischenstufe zwischen Granit und Lava, eine „durch unvollständige Schmelzung und heiße Dämpfe aufgeblähte Granitmasse“ erkennen zu dürfen. Am Puy de Chopine suchte er den Uebergang von Granit und Domit, am Puy de la Nugère den von Domit in Lava nachzuweisen. Daß der Sitz aller dieser Vulkane im Granit selbst, also in großer Tiefe zu suchen sei, schien v. Buch unzweifelhaft und ebenso, daß Lava und Basalt an den Puys vulkanischen Ursprungs seien. Der Besuch des Mont d'Or erschütterte in noch höherem Maße, als die Untersuchung der kleineren Kegelberge die neptunistischen Anschauungen v. Buch's; gleichwohl vermochte er sich trotz inneren Widerstreites nicht völlig von denselben loszulösen.

„Auswurfskegel, Krater, Schlacken, Rapilli, Alles was einen Vulkan ausmacht, fehlt am Mont d'Or; statt dessen sehen wir ihn aus Schichten krystallinischer Massen gebildet. — Aber wäre es nicht möglich, sich ihn als einen großen Vulkan zu denken, der sich nicht mit einzelnen Eruptionen befaßte und daher nicht wie ein kleiner Vulkan, oder wie der Vesuv, durch mehrfache Ausbrüche Schlacken und Rapilli an seinem Abhang aufhäufte? Und was hindert uns, den Mont d'Or-Porphyren eine ähnliche Entstehung aus dem Granit zuzuschreiben, wie denen des Sarcoui und des Puy de Chopine? Was hindert uns, die ganze Mont d'Or-Masse durch eben diese Ver-

änderungsursache in die Höhe geschoben zu denken und daher die Neigung der Schichten vom Mittelpunkt der Erhebung zu leiten? Warum sollten wir uns nicht einen Krater zwischen dem Berge Cacadogne und dem Rocher des Cousins vorstellen dürfen? ... So stehen wir bestürzt und verlegen über die Resultate, zu denen uns die Ansicht des Mont d'Or nöthigt. ... Aber auch die eifrigsten Vulkanisten", so schließt L. v. Buch seine Briefe aus der Auvergne, „sollten es nicht wagen, dies Resultat als ein allgemeines zu betrachten und es auf deutsche Basalte anwenden zu wollen. Stehen die Meinungen im Widerspruch, so müssen neue Beobachtungen den Widerspruch lösen."[91])

Neben den erloschenen Vulkanen des Vivarais und der Auvergne nahmen die Pyrenäen die Aufmerksamkeit der französischen Geologen am Ende des vorigen Jahrhunderts in hohem Grade in Anspruch. Dem Abbé Palassou gebührt das Verdienst, die erste ausführliche Beschreibung über den geologischen Bau dieses Gebirges veröffentlicht zu haben. Sein stattliches Werk[92]) ist von 8 mineralogischen Karten in großem Maßstab und 12 Tafeln mit Gebirgsansichten begleitet. Auf der Karte bedient er sich, wie Guettard, besonderer Zeichen, um die verschiedenen Gesteine, Mineralien, Thermen rc. anzudeuten; das Streichen und Fallen wird überall sorgsam beobachtet und daraus der gleichmäßige Bau der ganzen Gebirgskette aus parallelen, in der Richtung von NNW. nach OSO. streichenden Bändern von Kalkstein, Schiefer, Thon und Granit geschlossen. Der Granit bildet bald die Basis, bald die Gipfel des Gebirges und zeigt keine deutliche Schichtung. Zahlreiche Querprofile erläutern den einfachen und gleichmäßigen Aufbau des ganzen Gebirges. Palassou arbeitete fast 40 Jahre lang in den Pyrenäen; nach seinem Hauptwerk veröffentlichte er 1815 und 1819 eine Reihe von Abhandlungen (Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrenées et des pays adjacents. Paris 1815 und 1819), die jedoch nur theilweise geologischen Inhalts sind und keinen nennenswerthen Fortschritt gegenüber seiner ersten Publication aufweisen, obwohl mittlerweile in Deutschland, Nordfrankreich und England die Formationskunde mächtige Fortschritte gemacht hatte. Er verharrt bei seiner antiquierten Ansicht, wonach sich die Sedimentärschichten ursprünglich in steil geneigter Stellung gebildet hätten; er bezeichnet alle Kalksteine und versteinerungsführenden Schiefer als Secundärgebilde, ohne nur einen Versuch zu machen, dieselben nach

ihrem Alter zu gliedern; er verwirft die Annahme einer Uebergangsformation und hält die zwischen schieferigem Granit eingeschlossenen Kalksteine für gleichaltrig mit letzterem. Unter den Gesteinen wird zum erstenmal ein uralitführender Diabas unter der Bezeichnung Ophit beschrieben.

Die geologischen Untersuchungen des Ingenieurs Picot de Lapeirouse am Mont Perdu und in den hohen Pyrenäen bieten geringes Interesse, dagegen erregte sein schön illustriertes Werk[93]) über die Rudisten der Corbières Aufsehen, obwohl die zoologische Verwandtschaft dieser merkwürdigen, vom Abbé Sauvage 40 Jahre vorher in den Cevennen entdeckten Versteinerungen total verkannt wird.

Der vielseitige Ramond*) zeigte, daß der damals für den höchsten Gipfel der Pyrenäen gehaltene Mont Perdu nicht aus Granit, sondern aus „secundärem" Kalkstein mit zahlreichen marinen Versteinerungen bestehe; in den Grauwacken wies er Landpflanzen und in vielen Kalksteinen eine Fülle von Nummuliten nach. Bezüglich des Gebirgsbaues schloß sich Ramond im Wesentlichen an Palassou an, machte jedoch auf das Vorkommen von horizontalen und geneigten Schichten aufmerksam, von denen die letzteren häufig Fächerstellung erkennen ließen.

Von geringer Wichtigkeit sind die Arbeiten von Dralet, Pasumont, Cordier u. A., dagegen machte der in der Werner'schen Schule ausgebildete jüngere Charpentier**) zwischen 1808 und 1812 eingehende Studien in den Pyrenäen, welche lange Zeit die wichtigste Basis für die Kenntniß dieses Gebirges bildeten. Das erst 1823 veröffentlichte Werk Charpentier's enthält genaue Beschreibungen der verschiedenen Gebirgsglieder, Gesteine und Mineralien, zahlreiche Profile und eine geologisch colorierte Karte der Pyrenäen. Charpentier stimmt mit

---

*) Ramond de Carbonnières L. Fr., geboren 1753 in Straßburg, gest. 1827 in Paris, zuerst Professor in Tarbes, von 1800 bis 1806 Mitglied des Corps législatif, starb als Staatsrath. Seine Werke über die Pyrenäen (Observations faites dans les Pyrénées etc. 8°. Paris 1789, Voyage au Mont Perdu etc. Paris 1801 und Sur la structure des Hautes-Pyrénées. Bull. Soc. philom. au VIII) fallen in den Schluß des vorigen und Anfang des jetzigen Jahrhunderts.

**) Charpentier J. G. v., geboren 1786 in Freiberg als Sohn des Berghauptmanns v. Charpentier (vgl. S. 55), bereiste als junger Mann die Pyrenäen, wurde später Salinendirector in Bex und Honorarprofessor der Geologie an der Akademie in Lausanne, starb 1855 in Bex.

seinen Vorgängern betreffs der Parallelgliederung des ganzen Gebirgszuges überein und zeigt, daß die Sedimentschichten überall dachförmig von dem granitischen Kerngestein abfallen; er constatiert ferner eine große horizontale Verschiebung, wodurch der östliche Theil der Pyrenäen zwischen Perpignan und Montrejeau nach Norden gerückt und dadurch das Gebirge, einem Querbruch folgend, in zwei Hauptstücke zerlegt wurde. Als Werner'scher Schüler betrachtet Charpentier die geneigten Schichten als an Ort und Stelle entstanden und verwahrt sich gegen ihre spätere Aufrichtung. Er unterscheidet acht Formationsglieder: Granit, Glimmerschiefer, Urkalk, Uebergangskalk, rother Sandstein, Alpenkalk und Jurakalk, Ophit und aufgeschwemmtes Land (Tertiär und Diluvium). Den Versteinerungen wird nur untergeordnetes Interesse gezollt und dadurch die Altersbestimmung der Sedimentgesteine häufig verfehlt. So entspricht z. B. Charpentier's Urkalk dem Silur und Devon, der Uebergangskalk mit Belemniten und Ammoniten dem Jura, der Alpenkalk der Kreide und dem unteren Tertiär der modernen Geologen. Trotz dieser Mängel gehört das Werk Charpentier's zu den wichtigeren und grundlegenden Arbeiten seiner Zeit.

Das ehemalige Languedoc wurde von Gensanne[94]) hauptsächlich auf seine nutzbaren Mineralien und Vulkane, von Aug. Boissier de Sauvage[95]) mehr geologisch und paläontologisch untersucht; in der Provence beschäftigten sich Darluc, Risso und Saussure, in der Dauphiné Faujas de Saint-Fond[96]), in der Tarentaise Brochant de Villiers[97]) mehr oder weniger erfolgreich mit geologischen Untersuchungen. Ueber die berühmten, fast ganz aus Conchylienschalen, Korallen und anderen organischen Resten zusammengesetzten „Faluns" der Touraine hatte schon im Jahre 1720 Réaumur eine bemerkenswerthe Abhandlung[98]) veröffentlicht, worin er den marinen Ursprung dieser Bildungen nachwies; sie wurden 1776 von Gensanne und darauf von Bruguières[99]) neuerdings beschrieben. Mit dem Pariser Becken hatten sich schon Guettard, Desmarest, Giraud-Soulavie u. A. beschäftigt und mancherlei Beobachtungen darüber bekannt gemacht; Lamanon[100]) richtete seine Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Gypsablagerungen bei Paris, worin er mit Recht Absätze eines Süßwassersees erkannte, während ihnen de la Métherie vulkanischen Ursprung zuschrieb. Lamanon fand in den den Gyps begleitenden Mergeln Süßwassermuscheln und Schnecken, und im Gyps selbst Knochen von Landsäugethieren, die mit

keiner lebenden Art übereinstimmten. Genauere Beobachtungen über die Tertiärbildungen im Pariser Becken verdankt man dem großen Chemiker Lavoisier.[101]) Er beschrieb mehrere Profile und machte auf den Unterschied von litoralen und pelagischen Ablagerungen aufmerksam, deren Entstehung er durch langsame Oscillationen im Meeresspiegel erklärte. Die von Lavoisier festgestellte Schichtenreihe ergänzte Coupé durch die Untersuchung[102]) einer Reihe von instructiven Aufschlüssen in der Nachbarschaft von Paris.

In einer wegen der eingeschlagenen Methode höchst bedeutsamen Abhandlung[103]) über die Sedimentgebilde des Pariser Becken machten Al. Brongniart*) und G. Cuvier die wichtigsten Ergebnisse ihrer gemeinsamen vierjährigen Studien bekannt. Folgende nach ihrem Alter, ihrer Gesteinsbeschaffenheit, ihrer Mächtigkeit, Lagerung, Verbreitung und insbesondere nach ihrem Inhalt an Versteinerungen eingehend beschriebene Formationen werden von den beiden Autoren unterschieden:

9. Formation des Limon d'atterissement (Löß),
8. " " Terrain d'eau douce (Süßwasserkalk),
7. " " Sandsteins ohne Conchylien,
6. " " Kieselkalkes (Calcaire siliceux),
5. " " Sandes und Sandsteins mit Conchylien,
4. " " Gyps,
3. " " Sandes und Grobkalks,
2. " " plastischen Thones,
1. " der Kreide.

Aus der Kreide sind 50 Arten von Versteinerungen aufgezählt. Im plastischen Thon fehlen angeblich fossile Reste von Thieren und Pflanzen. In der Formation des Sandes und Grobkalkes weisen die Versteinerungen der verschiedenen Abtheilungen dieser Stufe mancherlei Verschiedenheiten auf, so daß man gewisse Schichten nach ihrem Gehalt an fossilen Organismen auch auf sehr große Entfernung wieder zu erkennen im Stande ist. Während sich aber keine einzige Species aus der Kreide in der marinen Sand- und Grobkalkformation wiederholt, sind die Differenzen der Fossilien in den einzelnen Stufen

*) Alexandre Brongniart, geboren 1770 in Paris, Ingénieur des Mines, wurde 1800 Director der Porzellanfabrik in Sèvres, 1822 Professor der Mineralogie am Musée d'hist. naturelle, starb 1847 in Paris.

dieser Formation von geringem Belang. Der Grobkalk besteht aus verschiedenen Schichtcomplexen, für welche die Bezeichnungen der Steinbrecher (banc vert, la roche, rochette etc.) vielfach beibehalten werden; auch der Gyps zerfällt in verschiedene Stockwerke (Etagen), worunter besonders Süßwassermergel mit Planorben und Limnäen, (von St. Ouen u. a. Localitäten), sowie marine Austernbänke an seiner oberen Grenze hervorgehoben werden. Bezüglich der Entstehung des Gypses und der zugehörigen Mergel in einem ausgedehnten Süßwassersee schließen sich die beiden Autoren den Anschauungen Lamanon's an. Die Formationen 5 und 7 entsprechen dem Sandstein von Fontainebleau nebst den jetzt zum Oligocän gerechneten oberen Meeressanden, doch werden dieser Formation irrthümlich auch die unter dem Gyps gelegenen Sandsteine und Sande von Senlis, Erménonville, Nanteuil u. s. w. zugerechnet. Der Kieselkalk (Nr. 6) findet sich nach Cuvier und Brongniart hauptsächlich im Süden des Pariser Beckens bei Melun und Champigny unmittelbar über dem plastischen Thon und stellt eine abweichende Entwickelung des marinen Sandes und Grobkalkes dar, welche er ersetzt, ohne darüber oder darunter zu liegen. Die 8. Formation besteht aus Mühlsteinquarz und Süßwasserkalk (der Beauce) mit Planorbis, Limnäus, Cyclostoma, Bulimus, Pupa, Helix und Landpflanzen und bekundet eine große Invasion von Süßwasser in das früher vom Meer bedeckte Pariser Becken. Die 9. Formation endlich besteht aus Lehm (Löß) und Geröllen mit Knochen von großen Landthieren. Diese wichtige Abhandlung erschien 1811 in beträchtlich erweiterter Form und ergänzt durch einen speciellen Theil, welcher die Detailbeschreibung einzelner Localitäten, genaue Profile, eine geologisch colorierte Karte und ausführlichere Listen von Versteinerungen enthält, in den Mémoires de la classe de Physique et de Mathématique de l'Institut (vol. XI) nochmals und wurde im ersten Bande der ersten Auflage der Recherches sur les ossements fossiles von Cuvier unverändert abgedruckt. Durch Abtrennung der marinen Austernbänke vom Gyps und der Unterscheidung der fossilfreien Mühlsteinquarze von den oberen Süßwasserkalken und Mühlsteinquarzen mit Conchylien (Nr. 8) ist hier die Zahl der „Formationen" von 9 auf 11 erhöht. Mit Ausnahme der Kreide und der obersten Formation fehlten sämmtliche von Cuvier und Brongniart im Pariser Becken beschriebenen Ablagerungen dem Werner'schen System vollständig. Sie bilden darum eine der

wichtigsten Ergänzungen des letzteren und wurden später, nachdem ihre Uebereinstimmung mit einem Theil der von Arduino als Tertiärgebirge bei Verona bezeichneten Ablagerungen erkannt war, unter dem Namen Tertiärformation (Terrains tertiaires) dem chronologischen Normalprofil der Erde beigefügt. Eine geradezu reformatorische Bedeutung hatte der von Brongniart und Cuvier eingeschlagene Weg, die Versteinerungen zur Erkennung und Altersbestimmung der verschiedenen Formationen zu benützen. Der rasche und glänzende Aufschwung der stratigraphischen Geologie, welcher sich in Frankreich in den folgenden Dezennien vollzog, beruhte in der Durchführung dieses schon zehn Jahre vorher von W. Smith in England angewandten Princips.

Aus den Höhenbestimmungen der einzelnen Schichten in den verschiedenen Profilen schlossen Cuvier und Brongniart auf bedeutende, von der gegenwärtigen Oberflächenconfiguration gänzlich unabhängige Unebenheiten in der Oberfläche der Kreide vor Ablagerung des plastischen Thones. Es gelang ihnen unterirdische urweltliche Hügel und Thäler nachzuweisen, welche der Absatz der darüber folgenden tertiären Thone und Sande nicht auszugleichen vermochte. Auch der marine Grobkalk nebst den zugehörigen sandigen Ablagerungen bildete keine zusammenhängende Decke mit ebener Oberfläche. Nach Entstehung des Grobkalks zog sich das Meer aus dem Pariser Becken zurück, das nun durch Süßwasser ausgefüllt wurde, worin sich successive Kalk, Kieselkalk, Gyps, Thon und Mergel ablagerten. Die Gypsmassen haben ihr größte Mächtigkeit im Centrum des Beckens; auch ihre Oberfläche war noch keineswegs vollständig eben. Erst die zweite Invasion des Oceans führte die gewaltigen Massen von oberem Meeressand herbei und schuf eine immense, gleichmäßige Ebene, die nachträglich von Thälern und Vertiefungen durchfurcht wurde. Auf dieser neuen Oberfläche entstanden nach abermaligem Abzug des Meeres in Süßwassersümpfen die jüngeren Kalk- und Kieselablagerungen, deren Mächtigkeit große Verschiedenheit aufweist.

C. v. Raumer[101]) konnte sich weder mit diesen Schlußfolgerungen, noch mit der ganzen von Cuvier und Brongniart eingeführten Methode einverstanden erklären. Er bezeichnete die von den beiden französischen Forschern beschriebenen Ablagerungen im Pariser Becken als Kreide- und Sandgebilde und unterschied nach Werner'scher Methode sechs mineralogisch-charakterisierte Formationen:

Ia. Erste kieslige Formation. Kalkiger Sandstein, Conglomerat; reich an Grünerde, Thon (entspricht der Craie chloritique und der Tourtia).

Ib. Kreide-Formation. Kreide mit Feuerstein. Meerversteinerungen.

II. Zweite kieslige Formation. Sand, Sandstein; plastischer Thon, Lignit, Alaunerde, Mergel. Meermuscheln und Süßwassermuscheln. Knochen.

III. Kalksteinformation. In drei Abtheilungen zerfallend. Reich an Meerconchylien, Nummuliten und Süßwassermuscheln; die oberste Abtheilung mit Menilith, Feuerstein, Quarzkrystallen, Klebschiefer ꝛc.

IV. Gipsformation. Gips, Mergel, Klebschiefer, Strontian. Reste von Vierfüßlern, Vögeln, Amphibien, Fischen, Pflanzen, Meer- und Süßwassermuscheln.

V. Dritte kieslige Formation. Sand, Sandstein, Meerversteinerungen.

VI. Feuerstein- und kieslige Kalkformation. Feuerstein, sandiger Thon, kiesliger Kalkstein; Kalkstein mit Süßwasserconchylien (Planorben, Lymnäen), Pflanzenresten und Holz.

Raumer hält wenig von den Versteinerungen zur Altersbestimmung der Schichten, er bezweifelt das mehrmalige Zurückweichen und Wiedereinbrechen des Ozeans im Pariser Becken und bestreitet die Berechtigung der Meinung, wonach aus dem Vorkommen von Süßwassermuscheln oder Meeresconchylien die Entstehung der sie enthaltenden Schichten in dem einen oder anderen Medium gefolgert werden dürfe.

In einer besonderen Abhandlung[105]) beschäftigte sich Brongniart mit den Süßwasserbildungen nicht nur des Pariser Beckens, sondern auch der Gegend von Orleans, Le Mans, Aurillac und der Limagne. Er beschreibt die darin vorkommenden Versteinerungen und betont deren Aehnlichkeit mit noch jetzt existierenden Süßwasserformen. Brard[106]) vervollständigte die Untersuchungen Brongniart's, indem er die Versteinerungen der Süßwasserkalke im Pariser Becken, bei Orleans, in der Limagne, in den Dep. Drôme und Vaucluse, bei Angers, Buchsweiler, auf der Insel Sheppey, in der Gegend von Mainz, Ronca und Nizza eingehend studierte und den Nachweis lieferte, daß sämmtliche

fossile Arten specifisch von jetzt lebenden Formen abweichen. Auch der Zoologe de Férussac interessierte sich lebhaft für die Süßwasserconchylien aus den Ligniten bei Soissons, aus den Süßwasserkalken bei Mainz, im Quercy und in Spanien. Seine in den Abhandlungen des Institut (1812 und 1813) veröffentlichten Mittheilungen geben eine Uebersicht aller damals bekannten fossilen Süßwasserconchylien (85 bis 86 Arten), wovon ein großer Theil zu erloschenen, einige zu noch jetzt entweder in entfernten Gegenden lebenden oder in Mitteleuropa einheimischen Arten gehören. Férussac ist, wie Brongniart, der Ueberzeugung, daß die Conchylien zur Altersbestimmung der verschiedenen Süßwasserbildung mit Erfolg verwerthet werden könnten, nud da die Süßwasserablagerungen nun einmal in den Vordergrund der geologischen Studien gerückt waren, so untersuchte Omalius d'Halloy[107]) jene im Departement Cher, in der Auvergne, im Velay, in den Maremmen Italiens und bei Ulm und bewies überzeugend, daß dieselben in Süßwassersümpfen abgelagert und ihre Versteinerungen nicht zufällig in marine Schichten eingeschwemmt seien.

Der scharfsinnige belgische Forscher*) ergänzte die Beobachtungen Cuvier's und Brongniart's in erfolgreicher Weise. Das Ergebniß seiner zwischen 1804 und 1814 nach allen Richtungen ausgeführten Fußwanderungen war eine geologische Karte von Frankreich und der angrenzenden Gebiçte Belgiens, Deutschlands und der Schweiz, welche für die spätere, speciellere Aufnahme von Dufrenoy und Elie de Beaumont eine werthvolle Grundlage bildete und in großen Zügen ein treues Bild von dem geologischen Aufbau Frankreichs gewährte. Diese erst im Jahre 1822 im Maßstab von 1:4000000 veröffentlichte Karte wurde später dem Lehrbuch der Geologie von Omalius d'Halloy beigefügt und mehrfach verbessert. Im Nordwesten des Pariser Beckens und in Belgien[108]) unterschied Omalius zwei Ordnungen von Gesteinen (Terrains), wovon die einen aus horizontalen, die

*) Jean Baptiste Julien d'Omalius d'Halloy, geboren 1783 in Lüttich als einziger Sohn einer reichen adeligen Familie, wurde in Paris durch Brongniart, Cuvier, Faujas und Lamarck zum Studium der Geologie angeregt; er widmete sich von 1804 bis 1814 vollständig der geologischen Erforschung Frankreichs, Belgiens und der Nachbargebiete, wurde 1815 Gouverneur der Provinz Namur, später Mitglied des belgischen Senats und Präsident der Akademie der Wissenschaften in Brüssel, starb 1875.

anderen aus geneigten, zuweilen sogar verticalen Schichten bestehen. Letztere sind die älteren und zerfallen wieder in versteinerungsführende und fossilfreie. Omalius glaubte die Schichtenstellung als wesentliches Merkmal für die Altersbestimmung der verschiedenen Formationen verwerthen zu können und war anfänglich der Meinung, alle geneigten Ablagerungen gehörten dem Uebergangsgebirge, alle horizontalen dem Flötzgebirge Werner's an. Seine späteren Erfahrungen im Jura und den Alpen belehrten ihn freilich eines Besseren. Zu den horizontalen Bildungen rechnet Omalius d'Halloy den rothen Sandstein, Kreide, Grobkalk, weißen Sandstein und aufgeschwemmtes Land (Terrain meuble). Die geneigten Gebirge im Condroz streichen in der Richtung von NW. nach SO. und bestehen aus Gesteinen der »Formation bituminifère«, welche so ziemlich der heutigen Steinkohlenformation entspricht. Die petrographische Beschaffenheit und Verbreitung der einzelnen Glieder dieser Formation in den Becken von Aachen, Lüttich, d'Huy und Namur werden genau erörtert, dagegen die chronologische Reihenfolge derselben ungenügend festgestellt. In den Ardennen, in der Eifel, im Hundsrück und in der Rheinprovinz ist die aus aufgerichteten Schichten bestehende Schieferformation (Formation ardoisière) hauptsächlich entwickelt und im Rheinland und in der Pfalz vielfach von vulkanischen Gesteinen durchsetzt. Im Hennegau nehmen die an Versteinerungen reichen Gesteine der Formation bituminifère das Hauptinteresse in Anspruch, während im Artois und Boulonnais Kreide- und Steinkohlenformation besonders verbreitet sind.

Nachdem Omalius auf diese Weise die geologische Grundlage für ein ausgedehntes Gebiet geschaffen hatte, beschäftigte er sich specieller mit dem Pariser Becken. Seine bereits im Jahre 1813 im Institut gelesene, aber erst 1816 gedruckte Abhandlung[109]) gliedert die tertiären Ablagerungen über der Kreide in vier Stufen (Étages):

1. Stufe. Grobkalk und Meeressand; entpricht Formation 1, 2 und 3 von Brongniart.
2. Stufe. Gyps, Süßwassermergel und Kieselkalk (= Formation 4 und 6 von Brongniart und Cuvier).
3. Stufe. Oberer Meeressand und Sandstein (= Formation 5 und 7 von Brongniart und Cuvier).
4. Stufe. Obere Süßwasserformation (= Formation 8 von Brongniart und Cuvier).

Das Hauptverdienst dieser Untersuchung beruht in der Vereinigung der Formationen 5 und 7 von Brongniart, sowie in der genauen Verfolgung der geographischen Verbreitung jeder einzelnen Stufe. Als Rückschritt gegenüber der Cuvier- und Brongniart'schen und auch der Raumer'schen Eintheilung muß die Verwechselung der Meeressande unter dem Grobkalk im Nordwesten des Pariser Beckens mit dem oberen Meeressand hervorgehoben werden. Omalius begnügte sich übrigens nicht mit dem Studium der Tertiärbildungen. Er unterscheidet auch zwischen der weißen Kreide und dem älteren horizontalen Kalkstein einen Schichtencomplex, welcher aus folgenden Stufen besteht: 1. Kreide mit lichtem Feuerstein, 2. tuffartige oder chloritische Kreide, 3. Sand und Sandstein gemischt mit Kalkstein, 4. grauer, mergeliger, schieferiger, selten plastischer Thon. Auch diese, der jetzigen Kreideformation entsprechenden Ablagerungen werden nach ihrem petrographischen Charakter und ihrer Verbreitung genau beschrieben und die ganze Abhandlung durch ein Sammelprofil von Hirson nach Guéret in der Richtung von N. nach S., sowie durch eine geologisch colorierte Uebersichtskarte des nordwestlichen Frankreichs illustriert.

Omalius d'Halloy gilt mit Recht als Begründer der Geologie in Belgien, denn die älteren Vorarbeiten von R. Limbourg[110]) über die Umgebung von Pépinster, über Torf, Sand, Feuerstein, Gerölle u. s. w. enthalten nur vereinzelte Beobachtungen ohne jeden weiteren Gesichtspunkt, und ebenso stehen die Publicationen des Abbé Witry[111]) über die Versteinerungen von Tournay, sowie die von Burtin[112]) über jene der Gegend von Brüssel auf einem veralteten rein descriptiven Standpunkt und bieten nur geringes wissenschaftliches Interesse. Ein schärferer Beobachter war de Launay, dessen Bemerkungen über die Vertheilung der Versteinerungen in den Tertiärschichten Belgiens beweisen, daß er die Bedeutung der fossilen Ueberreste zur Unterscheidung der sie enthaltenden Schichten ahnte. Auch mit seiner Ansicht, daß diese Versteinerungen weder von der Sintfluth herrühren, noch in den indischen Meeren existierten, zeigt er ein unbefangeneres Urtheil als viele seiner Zeitgenossen.

Der Petersberg bei Maestricht, dessen lichtgelbe tuffartige Kalkschichten (Kreidetuff) schon in prähistorischer Zeit von Troglodyten durchwühlt und später in unterirdischen Steinbrüchen abgebaut wurden, veranlaßte Faujas de Saint-Fond zu einer prachtvoll aus-

gestatteten Local-Monographie.[113]) Nach einer kurzen Beschreibung des Petersberges und seiner unterirdischen Gänge geht er zur Beschreibung der daselbst gefundenen Versteinerungen über. Er beginnt seine Untersuchung mit einem im Jahre 1770 entdeckten Schädel eines gewaltigen Reptils, das zuerst in den Besitz eines Arztes Namens Hoffmann, später durch Proceß in den des Canonicus Godin gelangte und schließlich nach der Belagerung von Maestricht im Jahre 1795 von den Franzosen als Kriegsbeute beansprucht und nach dem Museum von Paris geschickt wurde. Der berühmte Anatom Peter Camper hatte einen schon früher aufgefundenen Kiefer desselben Thieres (im Museum von Harlem) als der Gattung Physeter nahestehende Reste von Cetaceen bestimmt[114]), während Faujas den Beweis zu führen suchte, daß dieselben von einem fossilen Crocodil herrührten. Beide Deutungen wurden später von Cuvier als irrig erkannt und die Gattung Mosasaurus zu den Eidechsen und zwar in die Nähe von Varanus versetzt.

Auch in den von Faujas, sowie von seinen Vorgängern Walch, Burtin und Camper für Emyden gedeuteten Schildkrötenresten erkannte Cuvier später richtig eine Meerschildkröte von mächtiger Größe. Die Mollusken, Seeigel, Seesterne und Korallen des Petersberges sind von Faujas vortrefflich abgebildet und sorgsam beschrieben; da er sich jedoch nicht der binomischen Terminologie bediente, so verscherzte er sich damit das Recht, die Früchte seiner Untersuchungen der Nachwelt in dauernder Form zu überliefern. Faujas hatte bei seiner Monographie des Petersberges keine weiteren Gesichtspunkte im Auge; er wollte lediglich an einem Beispiele zeigen, wie wichtig die genaue Beschreibung der fossilen Ueberreste einer einzigen Fundstelle für die Entwickelung der organischen Schöpfung werden können, wenn sie mit solchen von anderen Orten verglichen würde.

Von der iberischen Halbinsel ist wenig zu berichten. Nach den großen Erfolgen der spanischen und portugiesischen Seefahrer trat im 15. und 16. Jahrhundert ein Verfall der Wissenschaften ein, der besonders in der Naturkunde auffällig hervortritt. Das erste Werk in spanischer Sprache, das sich mit Versteinerungen beschäftigt und auf vierzehn Tafeln spanische Fossilien darstellt, ohne jedoch etwas Wesentliches zu deren wissenschaftlicher Kenntniß beizutragen, rührt vom Franziskaner Pater Jos. Torrubia her.[115]) Der Verfasser hatte auf weiten Reisen und bei einem längeren Aufenthalt in

Amerika und den Philippinen Gelegenheit gehabt, Versteinerungen und Mineralien zu sammeln und eine große Literaturkenntniß erworben, welche in einem Verzeichniß aller bekannten Fundplätze von Versteinerungen Ausdruck findet. Torrubia ist überzeugter Diluvianer; sein Werk enthält keine neuen geologischen Gedanken. Daß er fossile Elephanten- oder Mastodonknochen Riesen zuschreibt, kann bei dem damaligen Standpunkt der Versteinerungskunde nicht Wunder nehmen.

Nach Torrubia veröffentlichte der Engländer W. Bowles[116]), der lange in Spanien lebte, mancherlei Beobachtungen über Gesteine, Mineralien, Versteinerungen, Bergwerke und erloschene Vulkane in Spanien. Der Botaniker A. J. Cavanilles[117]) liefert eine physikalische und geognostische Beschreibung der Provinz Valencia und weist u. A. das Vorkommen von Terebrateln und Ammoniten bei Morella, von Austern, Nummuliten und Echiniden bei Xixona nach. Die gesammte Literatur über Spanien und Portugal ist ohne jeglichen Einfluß auf die Entwickelung der Geologie geblieben und besitzt lediglich locales Interesse.

e) Großbritannien.

Untersuchungen und Speculationen über Erdgeschichte standen in Großbritannien von jeher hoch im Ansehen. Der Reichthum an Kohlen und nutzbaren Mineralien, ein früh entwickelter Bergbau und das häufige Vorkommen vortrefflich erhaltener Versteinerungen forderten zur Beobachtung des Bodens auf. Das Bestreben, die Resultate der Naturforschung mit der Bibel in Einklang zu bringen, führte der im Entstehen begriffenen Geologie aus allen Kreisen Freunde zu. So entwickelte sich neben der rein empirischen Beobachtung auch eine selbständige speculative Literatur, in welcher die Namen Whiston, Burnet und Woodward hervorleuchten. Die Bemühungen am Ende des vorigen Jahrhunderts, eine wissenschaftliche Grundlage für die Erdgeschichte zu schaffen, fanden darum jenseits des Canals einen fruchtbaren Boden, und sowohl auf empirischem wie auf theoretischem Gebiet fällt bei der Begründung der beiden Wissenschaften Großbritannien ein hervorragender Antheil zu.

Schon im 17. Jahrhundert nehmen die Werke von Plott, Martin Lister, Llwyd und Woodward über Versteinerungen

eine achtbare Stellung in der Literatur ein. Auch der Untersuchungen von Halloway, Strachey und Packe wurde schon früher (S. 48) gedacht. John Michell[118]) hatte bereits eine ziemlich richtige Vorstellung von der Reihenfolge der geschichteten Gesteine in England, deren Verbreitung er von Yorkshire bis zum Canal nachweist.

Der Bergwerksdirector John Williams, ein heftiger Gegner Hutton's, den er der Gottlosigkeit beschuldigte, schrieb i. J. 1777 Briefe über das schottische Hochland und 1789 eine Naturgeschichte des Mineralreichs[119]) mit einer für die damalige Zeit recht vollständigen Beschreibung der Steinkohlen und ihres Vorkommens in Großbritannien. Auch in Whitehurst's[120]) phantastischer Cosmogenie und Geogenie findet sich eine genaue, durch Profile erläuterte Beschreibung der Schichtenfolge des Kohlenkalkes und der productiven Steinkohlenformation in Derbyshire.

Die schüchterne Vermuthung M. Lister's und Rob. Hooke's, daß Versteinerungen vielleicht zu einer chronologischen Gliederung der sie enthaltenden Ablagerungen dienen könnten, war mehr als hundert Jahre gänzlich unbeachtet geblieben. Selbst in den sorgfältigen Gebirgs- und Schichtenbeschreibungen von Lehmann, Füchsel, Charpentier, Arduino und der gesammten Werner'schen Schule spielen die Versteinerungen im Vergleich mit der Gesteinsbeschaffenheit eine untergeordnete Rolle. Giraud Soulavie und Buffon hatten eine Ahnung von successiven Veränderungen in der Fauna und Flora während der aufeinanderfolgenden Erdepochen, allein es fehlte noch eine sichere Methode zur Bestimmung der chronologischen Reihenfolge der sedimentären Gesteine.

Die Wichtigkeit der Versteinerungen als Hilfsmittel zur Altersbestimmung der Schichten erkannte in ihrer vollen Bedeutung zuerst der englische Ingenieur William Smith.*) Geboren in einer an

---

*) William Smith, geboren am 23. März 1769 zu Churchill in Oxfordshire als Sohn eines Farmers, erhielt in der Schule seines Geburtsortes einen dürftigen Elementarunterricht, verschaffte sich aber einige Bücher und erwarb sich durch Selbststudium soviele Kenntnisse in der Geometrie, daß er mit 18 Jahren als Gehilfe bei einem Geometer (land surveyor) eintreten konnte. Er wurde später als Ingenieur beim Kohlenkanal in Somerset verwendet und übte darauf eine langjährige private Thätigkeit als Feldmesser und Civilingenieur aus. Von 1801 bis 1819 lebte er in London; 1828 wurde er Verwalter der Güter des Sir John Johnstone. Nach Gründung der geologischen Gesellschaft

Versteinerungen ungewöhnlich reichen Grafschaft, hatte er schon als Knabe Gelegenheit zum Sammeln und Beobachten. Als Assistent eines Feldmessers lernte er die Grafschaften Oxfordshire, Hampshire und die Umgebung von Salisbury und Bath kennen. 1791 bemerkte er die Uebereinstimmung der rothen Mergel und des Lias bei Bath mit den entsprechenden Schichten in Gloucestershire, sowie deren discordante Lagerung über der Steinkohlenformation. Die folgenden 25 Jahre vervollständigte Smith seine Erfahrungen durch Beobachtungen in fast allen Theilen von England; die Ergebnisse seiner Untersuchungen wurden in geologisch colorierte Karten eingezeichnet und von Zeit zu Zeit in Gestalt von Tabellen oder Kartenerklärungen zusammengefaßt. Er legte außerdem eine große, nach Schichten geordnete Sammlung von Versteinerungen an, die später vom British Museum erworben wurde und noch jetzt daselbst aufbewahrt ist. W. Smith kam nach langjährigem Beobachten zum Ergebniß, daß durch ganz England, von der Südküste bis zur Ostküste, ein und dieselbe Schichtenreihe in gleicher Beschaffenheit und in stets gleichbleibender Ordnung sich forterstrecke, daß sich jede einzelne Schicht durch ihre besonderen Versteinerungen sofort erkennen lasse, daß bestimmte Formen in gewissen Schichten unveränderlich wiederkehren, und daß jede fossile Species ihr besonderes Lager behaupte.

Wie sein berühmter Zeitgenosse Werner, so hatte auch W. Smith eine Abneigung gegen das Schreiben; dagegen war er stets bereit, die Ergebnisse seiner Untersuchungen mündlich mitzutheilen. Gelegentlich entwarf er auch Tabellen und Profile, die alsdann in Abschriften weiter verbreitet wurden. Im Jahr 1799 machte er die Bekanntschaft des Rev. B. Richardson in Farley, welcher eine große Sammlung von Versteinerungen aus der Umgebung von Bath besaß. Zum Erstaunen Richardson's konnte Smith über die Herkunft und das Vorkommen der einzelnen Arten besser Aufschluß geben als der Eigen-

---

wurde W. Smith 1831 die erste Wollaston-Medaille zuerkannt; 1835 ernannte ihn die Universität Dublin zum Doctor juris; 1838 wurde er Mitglied der Commission für Baumaterialien für das Parlamentsgebäude. Er bezog in seinen letzten Lebensjahren eine bescheidene Pension von der Regierung und starb 1839 unvermählt und in dürftigen Verhältnissen zu Northampton. (Biographisches über W. Smith in Sedgwick's Presidential Adress. Proceed. geol. Soc. London 1831. S. 279 und in John Phillips. Memoirs of William Smith. 1844.)

thümer selbst. Nach einem Mittagessen bei einem anderen Liebhaber von Versteinerungen, dem Rev. Townsend, wurde Smith veranlaßt, eine Tabelle der britischen Straten von der Steinkohlenformation an bis zur Kreide zu dictieren, die alsdann in drei Abschriften angefertigt wurde. Das von Richardson geschriebene und von Smith unterzeichnete Exemplar befindet sich jetzt im Besitz der Geologischen Gesellschaft in London. Diese erste, zwar nicht durch Buchdruck, aber durch zahlreiche Abschriften verbreitete Tabelle von 1799, worin die einzelnen Straten mit Nummern bezeichnet sind, beweist, daß die Grundlage der englischen Formationslehre schon vor Beginn dieses Jahrhunderts durch W. Smith geschaffen war. Der unermüdliche Forscher begnügte sich aber nicht damit, die chronologische Reihenfolge der Erdschichten und Versteinerungen Englands festzustellen und deren Richtigkeit während seiner Wanderungen durch alle Grafschaften sorgfältig zu prüfen; er verfolgte auch die geographische Verbreitung der einzelnen Straten und brachte sie kartographisch zur Anschauung. Mehr als ein Vierteljahrhundert widmete er einen großen Theil seines bescheidenen Einkommens und alle Zeit, welche ihm seine Berufsthätigkeit frei ließ, der Herstellung einer geologischen Karte von England. Er legte dem Board of Agriculture eine Reihe von Berichten und geologischen Karten vor, und dieses veröffentlichte zwischen 1794 und 1821 vorzüglich ausgeführte Detailkarten von 15 Grafschaften. Diese Karten fanden wegen ihres großen Maßstabes und ihrer geringen Uebersichtlichkeit nur schwache Verbreitung; er faßte darum den Plan, eine Uebersichtskarte von ganz England herzustellen, und veröffentlichte 1801 einen Prospect, worin er eine genaue Beschreibung und Abgrenzung der in England und Wales vorkommenden Schichten, sowie eine correcte Karte in Aussicht stellte, welche den Verlauf und die Verbreitung jedes Stratums an der Oberfläche zeigen und durch genaue Profile erläutern sollte. Ein Entwurf zu einer solchen Karte mit dem Datum 1801 befindet sich jetzt im Archiv der geologischen Gesellschaft; aber erst im Jahr 1812 fand Smith einen Verleger für sein Unternehmen, und 1815 erschien die berühmte Karte von England und Wales[121]), bestehend aus 15 Blättern im Maßstab von 1 Zoll zu 5 Meilen. Sie ist 8 Fuß 9 Zoll hoch und 6 Fuß 2 Zoll breit. Die einzelnen Straten sind mit verschiedenen Farben bezeichnet, und zwar jeweils die Basis derselben durch eine dunklere Linie der Grundfarbe angedeutet.

W. Smith's Karte ist der erste Versuch einer in großem Maßstab ausgeführten Darstellung der geologischen Verhältnisse eines ausgedehnteren Gebietes von Europa. Sie wurde vorbildlich für alle späteren geologischen Karten und zugleich epochemachend für die Formationslehre Englands; denn in einer 50 Seiten starken Erläuterung führte William Smith jene dem praktischen Leben entnommenen und in bestimmten Distrikten gebräuchlichen Bezeichnungen der einzelnen Straten (Lias, Forest Marble, Cornbrash, Clunch Clay, Coralrag, Portland Rock, London clay ꝛc.) ein, welche sich rasch einbürgerten und in England bis zum heutigen Tag noch zum größten Theil in Verwendung stehen. Zwischen 1816 und 1819 veröffentlichte W. Smith eine kurze, unvollendet gebliebene Beschreibung der Strata Englands mit colorierten und höchst charakteristischen Abbildungen der wichtigsten darin vorkommenden Versteinerungen[122]) und 1817 ein ideales Schichtenprofil quer durch England vom Snowdon bis London, das später in die meisten Lehrbücher der Geographie aufgenommen wurde. Das angefangene Werk enthält die Beschreibung von 16 Straten, vom London clay herab bis zur Fullers Earth. Eine vollständige Uebersicht der von Smith angewandten Terminologie enthält ein kleines, für den Unterricht bestimmtes, nur 47 Seiten starkes Büchlein von William Phillips.[123])

William Smith war ein Autodidact von seltener Originalität und ungewöhnlichem Scharfblick. Ohne gelehrte Bildung, ohne jede Anleitung, ohne alle materielle Unterstützung und anfänglich sogar ohne die Ermunterung seiner Fachgenossen, gelang es seiner zähen Ausdauer, den geologischen Aufbau von England in einer Weise klar zu legen, daß spätere Forschungen an der von ihm geschaffenen Grundlage keine wesentlichen Aenderungen herbeizuführen vermochten. Smith beschränkte sich auf die empirische Durchforschung seines Heimathlandes und hielt sich von allen allgemeinen Speculationen über Erdbildung und Erdgeschichte fern. In dieser weisen Beschränkung beruht seine Größe und ihr verdankt dieser bescheidene, uneigennützige und offenherzige Forscher den wohlverdienten Beinamen „Vater der englischen Geologie". Smith's Untersuchungen erhielten bald nach ihrer Veröffentlichung eine Tragweite, die er selbst nicht geahnt hatte. Seine Straten zwischen Purbeck Rock und Lias füllten die große Lücke zwischen dem Muschelkalk und der Kreide im Werner'schen System aus und fügten der europäischen Geologie einen wichtigen und reich

gegliederten Schichtencomplex bei, welcher später auch auf dem Continent überall nachgewiesen wurde.

Fast gleichzeitig mit Smith bereitete G. B. Greenough*) eine vorzüglich gestochene und in topographischer Hinsicht musterhafte geologische Uebersichtskarte von England und Wales vor, worin die Hauptresultate der Smith'schen Untersuchungen verwerthet, gewisse Theile aber auf Grund selbständiger Beobachtungen coloriert sind. Die ursprünglich aus sechs Blättern bestehende Greenough'sche Karte erschien 1819; sie wurde 1826 in verkleinertem Maßstab veröffentlicht, fand große Verbreitung und erscheint noch heute in stets neuen und verbesserten Auflagen. Sie galt lange Jahre für die beste überhaupt existierende geologische Karte.

Smith's Beispiel ermunterte zu ähnlichen Arbeiten. So widmete John Mac Culloch**) zwischen 1811 und 1821 seine Muße der geologischen Untersuchung Schottlands und erhielt 1826 vom Finanz-Ministerium den Auftrag, eine geologische Karte dieses Landes anzufertigen. Diese gewaltige Aufgabe war 1834 vollendet. Da jedoch für Schottland noch detaillierte topographische Karten fehlten, so wurden die geologischen Farben auf die damals allein vorhandene Arrowsmith'sche mangelhafte topographische Grundlage eingetragen. Sie erschien erst 1840, wurde häufig nach dem Autor der topographischen Karte bezeichnet und selbst in den Kreisen der Fachgenossen lange Zeit wenig beachtet.

---

*) George Bellas Greenough, geboren 1778, widmete sich zuerst in Cambridge und Göttingen der Jurisprudenz, wandte sich aber unter Blumenbach's Leitung den Naturwissenschaften zu und studierte später bei Werner in Freiberg Mineralogie und Geognosie, bereiste Deutschland und Italien, wurde 1807 Parlamentsmitglied, gründete 1807 die Geological Society in London; starb 1855 in Neapel.

**) John Mac Culloch, geboren 1773 auf einer der Canalinseln, wurde in Cornwall erzogen und studierte in Edinburg Medicin. 1811 gab er seine ärztliche Praxis auf, wurde mit mineralogischen und geologischen Aufgaben betraut und 1814 als Geologe bei der trigonometrischen Survey angestellt. 1819 erschien sein großes Werk über die westlichen Inseln. Er gehörte keiner bestimmten Schule an, gerieth in viele wissenschaftliche Streitigkeiten und erfreute sich wegen seines heftigen und absprechenden Wesens geringer Beliebtheit unter seinen Fachgenossen. Starb 1835 durch einen Sturz vom Wagen in Cornwall.

Von Farey erschien 1811 ein ausführliches Werk[124]) über Derbyshire mit geologischen Karten und Durchschnitten.*) Mit den jüngeren Sedimentärgesteinen Englands beschäftigten sich Th. Webster[125]) und der Oxforder Professor W. Buckland.**) Letzterer beschrieb eingehend die zwischen den jüngsten Absätzen der Flüsse oder Seen und des Ozeans (Alluvium) und den tertiären Bildungen Englands befindlichen weit verbreiteten, aus Schotter, Kies und Sand bestehenden Ablagerungen, welche er einer universellen Sintfluth zuschrieb und als Diluvium bezeichnete. Auch die älteren Strata Englands über der Steinkohlenformation gruppierte er in eine Anzahl von Formationen mit folgenden Unterabtheilungen:

a) Ooliteformation and Lias; sand of inferior Oolite, Inferior Oolite; Fullersearth; Great Oolite; Stonesfield slate; Forestmarble; Cornbrash; Kelloway Rock; Oxford clay; Kimmeridge clay; Portland Stone; Purbeck Beds.

b) Greensandformation. Ironsand; Testworth clay; Greensand.

c) Chalkformation. Chalkmarl; lower and upper Chalk.

---

*) Ein bedeutungsvolles Ereigniß für die Entwickelung der Geologie in England war die Gründung der Geological Society in London am 13. November 1807. Sie sollte alle in England thätigen Geologen vereinigen und durch Herausgabe von Abhandlungen (Transactions) und kürzeren Berichten über die in den Sitzungen gemachten Mittheilungen das Interesse für geologische Studien wecken und lebendig erhalten. Der erste der sechs Bände der Transactions erschien 1811. Diese Abhandlungen in Quartformat wurden 1845 durch das Quarterly Journal ersetzt, welches noch heute unter den periodischen Schriften geologischen Inhalts eine der ersten Stellen einnimmt und bereits 52 Bände zählt. Für das Zustandekomnen der Geologischen Gesellschaft hatte besonders ihr erster Präsident B. J. Greenough erhebliche Opfer gebracht.

**) William Buckland ist 1784 als ältester Sohn des Reverend Ch. Buckland zu Axminster in Devonshire geboren; studierte in Oxford Theologie und wurde Fellow des Corpus Christi College daselbst. 1813 erhielt er die Professur für Mineralogie und wurde 1819 außerdem erster Professor der Geologie an der Universität Oxford; 1845 wurde er Decan von Westminster. Er starb 1856 in hohem Ansehen als einer der thätigsten Geologen Englands. (The Life and Correspondence of Will. Buckland by his Daughter Mrs. Gordon. London 1894.)

d) Formation above the Chalk. Plastic clay; London clay; Lower freshwater Beds; Upper marine Beds; Upper Freshwater Beds.

e) Diluvial Detritus and postdiluvial (Alluvial) Detritus.

Nachdem die Reihenfolge der geschichteten Gesteine in England im Wesentlichen festgestellt war, machte Prichard[126]) den ersten verunglückten Versuch, dieselben mit den bekannten deutschen Formationen zu vergleichen. Er setzte den Old red Sandstone dem Rothliegenden, den red marl dem Buntsandstein und den Lias dem deutschen Muschelkalk gleich. Nicht viel glücklicher, wenn auch etwas vollständiger, war C. v. Raumer[127]) mit seiner Parallelisierung der deutschen, englischen und französischen Gebirgsformationen. Er unterschied: 1. das Ur- und Uebergangsgebilde, 2. das rothe Sandsteingebilde (Rothliegendes und Buntsandstein in Deutschland, Old red und red marl in England) nebst den mehr untergeordneten Gesteinen, wie Porphyr, Kupferschiefer, Zechstein, Mountain und Magnesian limestone in England, Steinkohle und Gyps, 3. das Muschelkalkgebilde mit dem Muschelkalk in Deutschland und dem Lias in England, dann dem Jurakalk in Deutschland und dem Oolite in England, 4. das Kreide- und Sandsteingebilde mit Kreide, Quadersandstein, Grünsand und allen tertiären Ablagerungen, 5. Flötztrapp, Basalt, Wacke &c. Eine etwas bessere, wenn auch in vielen Punkten noch recht fehlerhafte Vergleichung der englischen, deutschen und französischen Sedimentgesteine wurde 1821 von Weaver und Buckland (Annals of Philosophy 1821) angebahnt.

In Irland und Schottland hatten die prachtvollen, säulenförmigen Basalte frühzeitig Interesse erweckt. Das Pennant'sche Reisewerk (1774) lieferte Beschreibungen und Abbildungen derselben, ohne sich jedoch mit deren Entstehung zu beschäftigen. John Whitehurst (1786), der Rev. William Hamilton (1790) und Abraham Mills (1790) sprechen sich für den vulkanischen Ursprung des Basaltes am Giant Causeway, auf der Insel Staffa und in der Grafschaft Antrim aus und auch Faujas de Saint-Fond, welcher 1797 seinen Reisebericht über Irland und Schottland veröffentlichte, schloß sich bezüglich des Basaltes der vulkanischen Partei an. Dagegen machten Kirwan (1799) und der Rev. William Richardson (1808) das Vorkommen von Versteinerungen im Basalt

von Ballycastle bei Postrush geltend und suchten den wässerigen Ursprung von Basalt, Trapp, Granit &c. zu vertheidigen; doch konnte Playfair schon 1862 nachweisen, daß der angebliche fossilführende Basalt von Postrush nur metamorphosierter Lias sei. Um die geologische Untersuchung Irlands machten sich Conybeare und Buckland (1813), Vaughan Sampson (1814), und ganz besonders der in Deutschland geborene und in der Werner'schen Schule ausgebildete Dr. J. F. Berger verdient. Seine im Jahre 1816 veröffentlichte Beschreibung der geologischen Verhältnisse von Nordost-Irland, mit einem Vorwort von Conybeare bildet nebst den im Jahre 1812 begonnenen systematischen Aufnahmen von Richard Griffith die Grundlage für alle späteren geologischen Untersuchungen dieser Insel. Die Ergebnisse der Griffith'schen Arbeiten wurden 1834 in einer größeren und 1838 in einer kleineren Uebersichtskarte veröffentlicht.

In Schottland suchte Robert Jameson (1774—1854), ein enthusiastischer Schüler Werner's, die neptunistischen Anschauungen zur Geltung zu bringen. Er gründete in Edinburg eine Wernerian Natural History Society, schrieb ein Lehrbuch der Geognosie nach Werner'schen Grundsätzen und war 50 Jahre als Professor der Naturgeschichte in Edinburg thätig. Dank seiner hervorragenden Lehrbegabung und seiner Begeisterung für die von ihm vorgetragene Wissenschaft übte Jameson einen bedeutenden Einfluß aus. Er und seine Schüler erwarben sich vielfache Verdienste um die mineralogische, petrographische und geognostische Untersuchung Schottlands, doch verhinderte ihre einseitig mineralogische Richtung und die Vernachlässigung der Versteinerungen ein tieferes Eindringen in die verwickelten Verhältnisse der Sedimentärbildungen dieses Landes. Die krystallinischen Gesteine und der Basalt wurden von ihnen als wässerige Producte erklärt. In diesen Fragen fanden sie in James Hutton (vgl. S. 100) einen genialen und überlegenen Gegner. Hutton begann seine geologischen Studien im Jahre 1764 auf einer Reise nach Nordschottland; 1785 besuchte er den Herzog von Athole und beobachtete bei Glen Tilt in den Grampian-Bergen rothe Granitgänge, welche schwarzen Glimmerschiefer und Kalkstein durchsetzen; der Anblick dieser Erscheinung versetzte Hutton in solches Entzücken, daß seine Begleiter glaubten, er habe eine Goldmine entdeckt. Später sah er bei Cats Nack Trappgänge nach allen Richtungen Sandstein durchkreuzen. Diese Beobachtungen bildeten das Fundament seiner Abhandlung

„über den Granit“ worin er den Beweis lieferte, daß Granit häufig jünger als die im Wasser gebildeten sedimentären Gesteine sei. Auch John Mac Bulloch zeigte an zahlreichen Beispielen, wie Basalt, Trapp, Porphyr, Granit auf den westlichen Inseln Schottlands die geschichteten Gesteine durchsetzen und verändern, und wie Urgebirg und Uebergangsgebirg durch vielfache Uebergänge miteinander verbunden sind. Das Werk[128]) dieses geistvollen Geologen hat durch die genaue mineralogische Bestimmung der einzelnen Gesteine und durch die Fülle von sorgfältigen Beobachtungen insbesondere über die Verbreitung, das Auftreten und die Lagerung der plutonischen und vulkanischen Gesteine einen bleibenden Werth für Schottland.

f) Skandinavien und Rußland.

Der erste skandinavische Gelehrte, welcher sich mit Erdgeschichte befaßte, ist Urban Hiärne[129]) (geb. 1641, gest. 1724). Seine Vorstellungen von dem Zustand des Erdinnern sind im wesentlichen Ath. Kircher entlehnt; doch erklärt er die Versteinerungen für Ueberreste von Organismen, die erst nach der Sintfluth gelebt hätten und dann in die im Wasser entstandenen Erdschichten gelangt seien. Der Spiegel der Ostsee sei früher, weil die Abflußcanäle enger waren, viel höher gestanden als jetzt, so daß Skandinavien zum Theil vom Meer überschwemmt war. Während der Sintfluth seien gewaltige Veränderungen eingetreten, Schichten aufgerichtet worden oder in die Tiefe gesunken. Auch später habe sich die Erdoberfläche noch vielfach verändert, Berge seien entstanden und verschwunden und noch heute dauere die Umgestaltung unseres Planeten fort.

Hiärne's Ansichten fanden außerhalb Schwedens wenig Beachtung; dagegen übte der geistvolle Religionsstifter Em. Swedenborg (geb. 1688, gest. 1772) einen größeren Einfluß aus. Auch Swedenborg[130]) schließt aus dem Vorkommen von Versteinerungen in Westgotland, aus Muschelbänken in Bohuslän und einem Walfischgerippe bei Vanga auf eine einstige Ueberfluthung Schwedens während der Sintfluth. Dabei entstanden die aus Geröllen und Sand zusammengesetzten Asar, und das Festland erhielt seine jetzige Gestalt. Der Trapp ist wie die übrigen Gesteine ein Gebilde des Wassers; die vulkanischen Heerde befinden sich in der Erdkruste. Verschiedene in Schweden und auf dem Continent vorkommende Versteinerungen wurden von Swedenborg abgebildet und beschrieben.

Eingehender als Swedenborg beschäftigte sich Magnus von Bromell (1679—1731) mit den in Schweden vorkommenden Versteinerungen; seine Lithographia Suecana[131]) behandelt Trilobiten, Korallen und Schnecken aus Gotland, Graptolithen, Pflanzenreste aus Kalktuff ꝛc. Kilian Stobaeus beschrieb den ersten Ammoniten, sowie die sogenannten „Brattenburger Pfennige" aus der Kreide von Schonen. Im Jahre 1743 veröffentlichte Anders Celsius seine berühmten Beobachtungen über das Sinken des Wasserspiegels im bottnischen Meerbusen und berechnete aus den Veränderungen der bei Gefle und Kalmar angebrachten Wassermarken den Rückgang des Wasserspiegels in 10000 Jahren auf 450 Fuß.

Carl v. Linné (1707—1778) widmete auf einer Reise nach Oeland und Gotland[132]), welche er im Jahre 1741 in Begleitung von sechs Studenten ausführte, seine Aufmerksamkeit dem geologischen Bau des Landes. Er besuchte Kinnekulle, den Halle- und Hunneberg, die Gegend von Billingen in Westgotland und studierte daselbst mit großer Sorgfalt die namentlich an der Kinnekulle wundervoll aufgeschlossenen, horizontal gelagerten, zuoberst von Trapp bedeckten Schichten des Uebergangsgebirges (silurische und cambrische Formation). Auf Linné's Veranlassung construierte Joh. Svensson Lidholm ein sehr genaues Profil des Kinnekulle-Berges und die daselbst constatierte Schichtenfolge betrachtet Linné als typisch für ganz Schweden, ja sogar für einen großen Theil der Erdoberfläche. Den Trapp hält er wie Swedenborg, für ein normales Sedimentgestein. 1749 lernte Linné auch die Kreideablagerungen bei Balsberg in Schonen kennen und in der letzten Auflage des Systema Naturae vom Jahre 1768 werden nicht nur die ihm bekannten Versteinerungen aufgezählt und in das System eingereiht, sondern auch sehr beachtenswerthe Gedanken über die Entstehung von Sedimentgesteinen im Ozean mitgetheilt.

Von nicht geringer Bedeutung ist der Einfluß des Mineralogen Tobern Bergman (1735—1784), dessen auch ins Deutsche übersetzte physikalische Beschreibung der Erdkugel[133]) Ideen über Gesteinsbildung und Zusammensetzung der Erdkruste enthält, welche theilweise von Werner angenommen und weiter ausgebildet wurden. Nach T. Bergman besteht die Erdkruste aus aufeinanderfolgenden Schichten von verschiedener Dicke und Zusammensetzung, welche wie Schalen den Erdball umhüllen. Dieselben sind als chemische Niederschläge

aus wässerigen Mischungen entstanden und zwar nicht gleichzeitig, sondern nach und nach in langen Zeiträumen, in denen sich die Mischung des Wassers vielfach veränderte. Neben diesen chemisch gebildeten Gesteinen gibt es noch auf mechanischem Wege entstandene „flolägrige“ und außerdem aus der Tiefe stammende vulkanische Gesteine. Bergman unterscheidet in der zweiten Auflage seiner Physisk beskrifning „Urålbrige“-Gebirge (= Urgebirge), „Flolägrige“-Gebirge (= Flötzgebirge), „Hoporäkte“-Gebirge (= Aufgeschwemmtes Land) und Vulkane. Von einer Gliederung des Flötzgebirges, wie bei Linné, oder gar wie bei Lehmann und Füchsel ist hier keine Rede, doch verdient Bergman's Eintheilung insofern besondere Beachtung, als sie offenbar dem Werner'schen System als Grundlage diente. Bergman's Definitionen der vier Gesteinsabtheilungen enthalten viele treffliche, auf Beobachtung beruhende Bemerkungen.

Daniel Tilas (1712—1772) beschäftigte sich mit den erratischen Gesteinsblöcken und oberflächlichen Kiesablagerungen Schwedens und betonte die Wichtigkeit petrographischer Karten. Dieser Anregung dürften die von Sam. Gustaf Hermelin (1744—1820) zwischen 1797 und 1807 veröffentlichten petrographischen Karten über Nerike, Schonen, West- und Ostgotland, sowie Hisinger's Karte von Westgotland (1797) ihre Entstehung verdanken. Beide Autoren gaben Erläuterungen zu ihren Karten und schufen damit eine Grundlage für die geologische Kenntniß Schwedens. Hisinger (1766—1825) schrieb 1790 eine Uebersicht der mineralogischen Verhältnisse Schwedens[134]), welche 1808 mit etwas verändertem Titel in zweiter Auflage erschien[135]), zweimal ins Deutsche übersetzt wurde und unter Anwendung des Werner'schen Systems eine Zusammenstellung aller damals bekannten Thatsachen über die Verbreitung der Mineralien und Gesteine in Schweden enthält.

Wohl die ältesten Nachrichten über Norwegens Geographie, Mineralien und Gesteine finden sich in Erich Pontoppidan's (geb. 1698, gest. 1764) Forsog på Norges naturaliche historie 1753.[136]) Untersuchungen über Norwegens Mineralien und Gesteine stellte in den ersten Dezennien dieses Jahrhunderts der Werner Schüler Jens Esmark an, allein einen umfassenderen Einblick in den geologischen Bau Norwegens bietet erst Leopold v. Buch's Bericht über seine zweijährige Reise (Juli 1806 bis October 1808) durch Norwegen und Schweden.[137]) In dieser nach Inhalt und Form meisterhaften

Schilderung bekundet der große deutsche Geologe eine erstaunliche Vielseitigkeit, eine ungewöhnlich feine Beobachtungsgabe und eine seltene Kunst der Darstellung. Der Weg nach Skandinavien führte den jungen Forscher; zuerst durch Mecklenburg, Hamburg, Holstein nach Kopenhagen. Daß hierbei den nordischen Irrblöcken, der weißen Kreide von Möen und Stevensklint alle Aufmerksamkeit geschenkt wurde, ist selbstverständlich. Die Reise nach Christiania wurde mit der Kongsberger Silberpost zu Land ausgeführt und dabei das schwedische Küstengebiet und die Ufer des Christianiafjords durchkreuzt. L. v. Buch bestätigt hier Hausmann's Beobachtung, daß nicht Granit, sondern Gneis die herrschende anstehende Gebirgsart sei. Bei Christiania fesselten die Lagerungsverhältnisse des Uebergangsgebirges und dessen Beziehungen zu Porphyr und Granit Buch's Interesse im höchsten Grade. Er beschreibt die verschiedenen Gesteine, namentlich den Rhombenporphyr und zeigt, daß nicht nur die Porphyre mit dem Uebergangsgebirge wechsellagern, dasselbe in Gängen durchsetzen, sondern daß auch zwischen Drammen und Christiania Granit als Decke eines versteinerungsführenden Uebergangskalkes in ansehnlicher Verbreitung auftrete, somit keineswegs, wie die Werner'sche Schule annahm, überall das älteste Grundgebirge bilde. Diese auch von Hausmann fast gleichzeitig gemachte und von allen späteren Forschern bestätigte Beobachtung erregte großes Aufsehen. An eine eruptive Entstehung des Granits, Zirkonsyenits, der Porphyre oder der Gänge dachte übrigens Leop. v. Buch damals noch nicht. Ein Ausflug von Christiania nach Bergen im Herbst 1806, welcher vorzugsweise petrographischen und geologischen Studien gewidmet war, ist nicht in das Reisewerk aufgenommen, sondern wurde 1811 besonders veröffentlicht. Im April 1808 begann v. Buch trotz der ungünstigen Jahreszeit seine Nordlandsfahrt. Am Mjösensee, in Gulbrandsdal, auf dem Dovrefield und in Drontheim wurden überall geologische Beobachtungen gemacht, dem landschaftlichen Charakter, den klimatischen Verhältnissen, der Bevölkerung und ihrem Culturzustand aber nicht geringere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei Drontheim sah v. Buch ein grobkörniges Diallaggestein, das er später auch im Wallis, in Toscana, an der Riviera und anderen Orten kennen lernte und unter dem Namen Gabbro beschrieb. Nördlich von Drontheim erregten alte Strandbildungen mit zahlreichen Meermuscheln in einer Höhe von 4—500 Fuß über dem jetzigen Meeresspiegel v. Buch's Aufmerksamkeit

und am Nordcap beobachtete er zuerst die Anwesenheit von Thonschiefer und Diallaggestein. Die Rückreise durch Lappland erfolgte im Herbst 1808. Auf dem Wege von Torneo nach Gefle beobachtete er an mehreren Orten, und besonders deutlich eine Meile von Skelefteo entfernt einen Rückzug des Meeres und schloß daraus auf eine langsame Hebung von ganz Schweden, „von Fredrikshall bis gegen Abö und vielleicht bis nach St. Petersburg hin.“ An einer anderen Stelle spricht er die Vermuthung aus, daß die Hebung in Schweden stärker sei, als in Norwegen und im Norden erheblicher, als im Süden.

Eine wichtige Ergänzung des Leop. v. Buch'schen Werkes bildet F. L. Hausmann's[138]) Bericht über seine im Jahre 1806 und 1807 ausgeführte Reise durch Skandinavien. Hausmann hatte hauptsächlich die bergmännisch wichtigen Districte von Schweden und dem südlichen Norwegen besucht und werthvolle Beobachtungen über die daselbst vorkommenden Gesteine, Mineralien und Erze angestellt. Er hatte bei Christiania die Ueberlagerung des Granits auf Uebergangskalk schon vor Buch gesehen und auch den Zirkonsyenit vom Langensund zuerst beschrieben. Eine treffliche Uebersicht der geologischen Verhältnisse von Schonen, eingehende Beschreibungen der cambrischen Alaunschiefer bei Andrarum, des berühmten Profils an der Kinnekulle, der Porphyrwerke in Elfdalen, der Erzlagerstätten von Dannemora, Sala, Falun, Röraas, Kongsberg, Arendal ꝛc. verleihen dem gediegenen Werk Hausmann's einen bleibenden Werth in der geologischen, mineralogischen und montanistischen Literatur über Skandinavien. Von Interesse sind auch Hausmann's Berichte über das wissenschaftliche Leben und die führenden Persönlichkeiten in Stockholm. Das Werk von Graf Vargas Bedemar[139]) enthält mehr allgemeine Schilderungen der skandinavischen Länder, als specielle geologische Mittheilungen.

Ueber Island und die dortigen Vulkane existieren schon aus dem vorigen Jahrhundert Berichte von dem Hamburger Bürgermeister Joh. Anderson, von Eggert Olaffen und von Uno v. Troil; neuere und eingehendere Untersuchungen verdankt man dem Engländer Mackenzie.[140]) Dänemark's Kreidegebilde wurden von Sören Abilgaard[141]) und Chemnitz[142]) beschrieben. Mit der Mineralogie und Geologie von Finnland beschäftigten sich Gadd und M. v. Engelhard.[143])

In Rußland hatten die zahlreichen Reste von Landsäugethieren, namentlich von Mammuth und Rhinoceros frühzeitig das Interesse auf sich gezogen. Eine Hauptaufgabe der Expedition von J. Georg Gmelin[144]) nach Sibirien bestand darin, vollständige Ueberreste dieser Thiere aufzusuchen und nach St. Petersburg zu bringen. Diese Aufgabe wurde in glänzender Weise durch Pallas gelöst, dessen langjährige Reisen über die Bodenbeschaffenheit des gewaltigen russischen Reiches den ersten Aufschluß gewährten. Die Sammelwerke von Georgi[145]) und Razumowsky[146]), sowie Strangways[147]) erste geognostische Uebersichtskarte von Rußland stützten sich im Wesentlichen auf Pallas'sche, theilweise aber auch auf selbständige Beobachtungen.

g) Amerika, Asien, Australien, Afrika.

An der Begründung der Geologie nahmen die außereuropäischen Länder zwar keinen nennenswerthen Antheil, doch war es von großer Wichtigkeit, zu erfahren, ob die in Europa gewonnenen Resultate auch auf die übrigen Welttheile sich anwenden ließen und ob den Anschauungen über Erdbildung, Erdentwickelung, Gesteinskunde und Lagerungslehre nicht nur locale, sondern auch allgemeine Gültigkeit zukomme.

Alle aus fernen Welttheilen kommenden Beobachtungen besaßen darum eine hohe Wichtigkeit und wurden gerne zur Unterstützung dieser oder jener Hypothese verwerthet. So dürftig nun auch das Material aus dem Ausland selbst im Anfang dieses Jahrhunderts zufloß, es genügte doch, um zu zeigen, daß die geologischen Thatsachen und Erscheinungen nirgends mit den in Europa gewonnenen Ergebnissen in Widerspruch stehen und daß darum die in mühsamem Ringen gewonnene Basis eine gesicherte sei.

Die vielfachen Irrthümer, verunglückten Hypothesen und heftigen Kämpfe, welche in Europa Jahrhunderte lang dem Gedeihen unserer Wissenschaft entgegenstanden, blieben den übrigen Welttheilen erspart; sie konnten sich die Errungenschaften Europas mühelos aneignen und meist mit Hilfe in Europa ausgebildeter Forscher in wenigen Jahren dasselbe leisten, wozu in der alten Welt Dezennien oder Jahrhunderte erforderlich waren. Eine selbstthätige Betheiligung und ein wirksames Eingreifen in den Entwickelungsgang der Geologie und Paläontologie von Seiten der außereuropäischen Welttheile begann jedoch erst nach Abschluß der Periode, welche uns hier beschäftigt.

Am frühesten trat Nordamerika in die Schranken. Schon Guettard[148]) hatte im Jahre 1752 versucht, auf Grund einer Sammlung canadischer Gesteine seine für Europa aufgestellten Zonen (bande sablonneuse, marneuse et schisteuse) auch auf Nordamerika zu übertragen und sogar eine Karte entworfen, worin er die Verbreitung der verschiedenen Gesteine durch besondere Zeichen andeutete. Werthvoller als dieser kühne und naturgemäß verunglückte Versuch waren die Untersuchungen des Schotten Maclure (geb. 1763, gest. 1840), welcher seine Ausbildung bei Werner in Freiberg erhalten hatte und im Jahre 1809 eine Abhandlung und eine Karte über die Geologie der Vereinigten Staaten veröffentlichte.[149]) Maclure unterscheidet nach Werner Urgebirg, Uebergangsgebirg, Flötzgebirg und Alluvium. Er zeigt, daß nördlich und westlich vom Hudson das Urgebirge vorherrscht und den Boden der Neu-England-Staaten zusammensetzt; das Uebergangsgebirge liegt darüber und dehnt sich weithin nach Westen bis zum Mississippi aus, woselbst die Flötzgebirge beginnen. Die Verbreitung der Steinkohlenformation in den Alleghanies, in Pennsylvanien und im Westen wird hervorgehoben und das Fehlen von Flötztrapp, Thonporphyr, Mandelstein und namentlich von Basalt im ganzen Osten der Vereinigten Staaten besonders betont. Die Einfachheit und Großartigkeit in dem geologischen Bau Nordamerikas im Gegensatz zu der verwickelten Beschaffenheit Europas machte dem in der alten Welt geschulten Maclure großen Eindruck.

Neben dieser wirklich bedeutenden Leistung treten einige geologische Detailuntersuchungen von Jefferson, Gibbs, Bruce, B. Sillimann u. A. in Hintergrund. Lange bevor man an geologische Forschungen in Nordamerika dachte, hatten, wie in Sibirien, Funde von großen Säugethierresten in oberflächlichen Kies- und Thonschichten und im Torf Aufsehen erregt. Schon im Jahre 1712 berichtet Dr. Mather[150]) in einem Brief an Woodward von riesenhaften, bei Albany (New-York) gefundenen Knochen, die er einem erloschenen Riesengeschlecht zuschreibt. 1739 brachte ein französischer Officier, Longueil, Knochen, Stoßzähne und Backzähne aus einem Sumpf in der Nähe des Ohio nach Paris. Daubenton und Buffon bestimmten die ersteren als Elephas, die Backzähne als Hippopotamus. Vollständigere von Croghan, Peale an verschiedenen Stellen Nordamerikas entdeckte Reste gestatteten die Restau-

ration eines ganzen Skeletes, worin G. Cuvier[151]) mit gewohntem Scharfblick sofort eine ausgestorbene Proboscidier-Gattung erkannte, welcher er den Namen Mastodon beilegte. Sein großes Werk bietet eine Zusammenstellung aller aus Nordamerika bekannten Reste dieses gewaltigen Thieres. Neben Mastodon entdeckte Jefferson[152]) in einer Höhle von Westvirginien Extremitäten eines zweiten diluvialen Riesenthieres (Megalonyx), das von Cuvier in die Gruppe der Faulthiere eingereiht wurde. Daß auch in Mexico, Yucatan, Bolivia, Peru, Chile fossile Knochen von gewaltiger Größe vorkommen, wußte man bereits im 16. und 17. Jahrhundert. Sie wurden allgemein für Reste erloschener Riesengeschlechter gehalten und nicht genauer untersucht. Im Jahre 1789 schickte der Vicekönig von Buenos-Ayres Loretto das vollständige Skelett eines riesigen Landthieres aus dem Pampasschlamm von Lujan (Luxan) nach Madrid, dem zwei weitere aus Lima und Paraguay rasch folgten. Dieselben wurden von J. Garriga[153]) unter dem Namen Megatherium als Riesenfaulthiere beschrieben, eine Bestimmung, die später von Pander, d'Alton und Cuvier bestätigt wurde. Die ersten Reste eines Gürtelthieres von gewaltigen Dimensionen, das später den Namen Glyptodon erhielt, sind in dem Reisewerk des Jesuiten Falkner erwähnt.

Für die Geologie von Centralamerika schuf Alexander v. Humboldt die erste Grundlage.[154]) Seine Angaben über die Zusammensetzung des Bodens von Venezuela, Neu-Granada, Columbia und Nordbrasilien gewährten Aufschluß über die Verbreitung von Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Uebergangsschiefer, Grauwacke, Grünstein, Porphyrschiefer und Flötzgesteinen in der südlichen Hemisphäre und sollten die Anwendbarkeit des Werner'schen Systems auch für andere Welttheile bestätigen.

Die Bedeutung der Pallas'schen Forschungen im Ural und Sibirien wurde bereits hervorgehoben; dieselben erhielten mancherlei Ergänzungen, namentlich über die Verbreitung gewisser Gesteinsarten durch die Reise Patrin's[155]) nach dem Altai. Ueber den geologischen Bau Central- und Südasiens, Australiens und Afrikas wußte man, abgesehen gelegentlicher Reiseberichte, die sich in der Regel auf die Constatierung von Vulkanen oder das Vorkommen dieser oder jener Gesteinsart beschränkten, Nichts, was die geologischen Anschauungen im Anfang dieses Jahrhunderts hätte beeinflussen können.

Entwickelung der Gesteinskunde. Neptunisten, Vulkanisten und Plutonisten.

In den älteren mineralogischen Lehrbüchern wird auch den Gesteinen eine meist flüchtige Beachtung geschenkt. In der Regel beschränkte man sich allerdings auf eine Beschreibung ihrer äußeren Merkmale. Nachdem sie Cronstedt aus dem Rahmen der Mineralogie entfernt hatte, nahm sich G. A. Werner dieses vernachlässigten Zweiges der Geognosie an und wurde der wissenschaftliche Begründer der Gesteinskunde. Seine im Jahre 1786 veröffentlichte Classification und Beschreibung der Gebirgsarten faßt Alles, was bis dahin über Gesteine bekannt war, zusammen und beseitigt die herrschende Verwirrung durch Einführung einer präcisen Nomenclatur. Werner unterscheidet einfache und gemengte Gesteine; die ersteren werden gleichzeitig als Mineralien und Gebirgsarten abgehandelt; die letzteren nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung und ihrem Alter genau bestimmt und classificiert. Zu den einfachen Gesteinen gehören nach Werner Quarzfels, Kalkstein, Kreide, Kalktuff, Serpentin, Hornstein (Petrosilex), Gyps, Steinsalz, Thonschiefer, Dachschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer, Topfstein, Hornblendeschiefer, Steinkohle, Pechkohle, Braunkohle, Graphit; zu den gemengten Granit, Syenit, Topasfels, Gneiß, Glimmerschiefer, Porphyr, Pechsteinporphyr, Perlsteinporphyr, Grünstein (Trapp), Basalt, Dolerit, Klingstein (Phonolit), Hornschiefer, Graustein (=Trachyt), Grauwacke, Sandstein, Nagelflue, Puddingstein, Leimen, Thon, Mergel, Thoneisenstein; Lava, Peperino, Rapilli, Asche, Tuff, Traß. Mit Ausnahme der zuletzt genannten echt vulkanischen Gesteine sind alle übrigen nach Werner im Wasser entstanden und zwar die des Urgebirges, sowie Wacke und Basalt durch chemische Krystallisation, die des Flötzgebirges und aufgeschwemmten Landes vorwiegend durch mechanische Anhäufung von Trümmern präexistierender Gebirgsarten. Jedes Gestein ist nach seiner Textur, Schichtung, Lagerung, Absonderung, Alter, Entstehung und Vorkommen definiert; bei den gemengten Gesteinen werden bestimmte Bestandtheile als wesentliche von den accessorischen unterschieden und das Gestein selbst lediglich nach den ersteren charakterisiert. Diese noch heute angewandte Methode ermöglichte es Werner, die bisherige schwankende Bezeichnung der Gesteine durch eine Nomenclatur mit festen Begriffen zu ersetzen.

Fast gleichzeitig mit Werner verfaßte Karl Haidinger unter dem Titel „Systematische Eintheilung der Gebirgsarten“ (Wien 1787) eine Zusammenstellung der damals bekannten Gesteine. Sie werden nach ihrer Zusammensetzung und ihrem Alter in zwei Classen (saxa aggregata und conglutinata) eingetheilt. Zu den ersteren gehören als erste Ordnung das Grundgebirge (montes primarii) mit dem Geschlecht Granit; als zweite Ordnung das Ganggebirge (montes secundarii) mit den Geschlechtern Gneiß, Thonschiefer, Hornschiefer, Gestellstein, Graustein, Porphyrfels, Mandelstein, Trapp, Grünstein, Schneidestein, Serpentinfels und Kieselfels (Hornfels); als dritte Ordnung das Kalkgebirge (montes tertiarii). Zur Classe der zusammengekitteten Gebirgsarten gehören die Geschlechter Breccia und Sandstein. Die Haidinger'sche Eintheilung der Gesteine wurde zwar 1785 von der Petersburger Akademie mit einem Preise gekrönt, konnte jedoch keinen Erfolg erringen, da sie schon bei ihrem Erscheinen von der etwas früher veröffentlichten weit vollständigeren und präciseren Werner'schen Classification überholt worden war.

Die Ausbildung der systematischen Gesteinskunde ist unstreitig eines der größten Verdienste der Werner'schen Schule. In den zahlreichen geognostischen Monographieen aus den zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts wird auf die Beschreibung der Gesteine meist das Hauptgewicht gelegt. Saussure's Schilderungen der krystallinischen Massen- und Schiefergesteine in den Schweizer Alpen sind an Genauigkeit schwer zu übertreffen. Auch durch Monographieen einzelner Gesteinsgruppen wurde die Kenntniß der Gebirgsarten wesentlich gefördert. So verdankt man Faujas de Saint-Fond eine durchaus selbständige, wenn auch ganz im Geiste der Werner'schen Methode abgefaßte Monographie der Trappgesteine.[29]) Unter dieser Bezeichnung wurden damals die verschiedenartigsten Gesteine zusammengefaßt, um deren Sichtung sich schon Desmarest (1766) Verdienste erworben hatte. Mit den vulkanischen Producten Süditaliens beschäftigten sich besonders Ferber und Dolomieu; mit den ägyptischen Porphyren, Basaniten und angeblichen Basalten Desmarest, Faujas, Ferber, Wad u. A. Leopold v. Buch veröffentlichte verschiedene Abhandlungen über Granit, Leucitlava, Gabbro, Trapp-Porphyr (=Trachyt) und Hauy führte die Namen Pegmatit, Diorit, Trachyt, Aphanit, Euphotid und Leptinit ein. Eine vollständige Classification der gemengten Gesteine versuchte 1813

Al. Brongniart.[30]) Die Namen Diabas, Melaphyr, Phyllade, Ophicalcit, Psammit, Psephit ꝛc. erscheinen darin zum ersten Mal. Fleurieu de Bellevue und Cordier[31]) benutzten freilich ohne sonderlichen Erfolg das Mikroskop zur Bestimmung der Gemengtheile in pulverisierten Gesteinsproben.

Im Ganzen hatte die systematische Gesteinskunde in verhältnißmäßig kurzer Zeit eine derartige Ausbildung erlangt, daß wenigstens mit der Werner'schen Methode kein sehr erheblicher Fortschritt mehr möglich war. Eine neue Aera für diesen Zweig der Geologie begann erst in der Mitte dieses Jahrhunderts durch Anwendung des Mikroskopes bei Untersuchung von Dünnschliffen im durchfallenden Licht.

Nicht geringeres Interesse, als der Gesteinsbeschreibung, brachte man der Entstehung, insbesondere der krystallinischen Massen- und Schiefergesteine entgegen. Auf diesem Felde begegneten sich freilich die schroffsten Gegensätze. Für die Neptunisten gab es mit Ausnahme der Producte von thätigen Vulkanen nur Gesteine wässerigen Ursprungs. Den Zankapfel zwischen Neptunisten und Vulkanisten bildete anfänglich nur der Basalt, den Tobern Bergman und nach ihm Werner und seine Schule als sedimentäres Gestein betrachtet wissen wollten. Abgesehen von Guettard und d'Aubisson de Voisins folgten alle französischen Geologen, welche Gelegenheit gehabt hatten, Basalt in der Auvergne, im Velay, Vivarais oder in Irland zu studieren, der Ansicht von Desmarest und Faujas de Saint-Fond und erklärten den Basalt für ein vulkanisches Product. d'Aubisson, ein begeisterter Schüler Werner's hatte den Basalt in Sachsen, Böhmen, Schlesien und anderen Gegenden Deutschlands kennen gelernt und darüber eine Abhandlung im neptunistischen Sinn veröffentlicht.[32]) Er legte sie nach seiner Rückkehr nach Frankreich dem Institut de France vor und erhielt von diesem den Auftrag nun auch die Basalte der Auvergne zu untersuchen. Das Resultat dieser Studien veranlaßte d'Aubisson[33]) zur rückhaltlosen Anerkennung des vulkanistischen Standpunktes.

In Deutschland gelang es dem mächtigen Einfluß Werner's zwar bis zu seinem Lebensende der neptunistischen Lehre, freilich nicht ohne Widerspruch aus dem eigenen Lager, das Uebergewicht zu sichern. Auf die scharfe Polemik zwischen Werner und Voigt wurde schon früher (S. 91) hingewiesen. Sie erschütterte die Siegesgewißheit der neptunistischen Partei, wenn sie auch scheinbar mit einem Triumph

ihres Führers abgeschlossen hatte. Vereinzelte Stimmen erhoben sich zu Gunsten der feurigen Entstehung des Basaltes oder suchten nach einem vermittelnden Standpunkt. So bemüht sich Beroldingen[34]) die widerstreitenden Meinungen durch die Hypothese zu vereinigen, der Basalt verdanke zwar seine Entstehung dem Feuer, seine Gestalt aber dem Wasser. Das basaltische Magma sei im Meer erstarrt und habe unter dem Einfluß von Wasser und heißen Dämpfen seine säulenförmige, plattige, sphäroidische oder krystallinische Ausbildung erlangt. Als Beweis für diese Entstehung erwähnt Beroldingen das gelegentliche Vorkommen von Ammoniten, Gryphiten und Belemniten im Basalt. Diese Angabe hat sich später als irrig herausgestellt. Immerhin verdienen die Bemerkungen dieses Autors über vulkanische Gesteine und sonstige Auswürflinge, sowie über die aus denselben hervorgehenden Neubildungen und Zersetzungsproducte noch jetzt Beachtung. Auch der um die geognostische Kenntniß der niederrheinischen Provinzen Preußens verdiente C. W. Nose ist der Meinung, Basalt und Porphyr seien zwar wie Thonschiefer und Grauwacke auf wässerigem Weg entstanden, aber nachträglich durch unterirdische Hitze mehr oder weniger verändert, zuweilen sogar geröstet, verglast und schlackig geworden. Als sich nach Werner's Tod auch seine beiden größten Schüler Leopold v. Buch und Alex. v. Humboldt für die vulkanische Entstehung des Basaltes erkärten, war die Niederlage der streng neptunistischen Partei besiegelt. Eine historische Darlegung der ganzen Basaltfrage und des Streites zwischen Neptunisten und Vulkanisten verdankt man Ch. Keferstein.[35])

Länger als für den Basalt erhielt sich die neptunistische Anschauung für den Granit, Syenit, die krystallinischen Schiefer und alle verwandten, in der Regel als Urgebirge zusammengefaßten Gesteine. Cartesius, Leibniz und Buffon hatten allerdings die ursprüngliche Erdkruste durch Erkaltung aus einer feurig-flüssigen Masse hervorgehen lassen, jedoch keinen Versuch gemacht, die Entstehung der primitiven Gesteine zu erklären. Man hielt sie fast allgemein für chemische Niederschläge aus einem mit mineralischen Substanzen stark imprägnierten Urmeer. Auch Porphyr, Trachyt, Phonolith und ähnliche Gesteine galten für wässerige Sedimente. Es nimmt darum unter den Vulkanisten am Schluß des vorigen Jahrhunderts v. Fichtel einen sehr vorgeschrittenen Standpunkt ein, wenn er nicht nur dem Basalt, sondern auch dem Trapp, Graustein, Perlstein, Pechstein und

Mandelstein, ja sogar dem Granit, Gneis und den krystallinischen Schiefern einen feurigen Ursprung zuschreibt. Fichtel unterscheidet zweierlei vulkanische Gebirge: solche, die aus mächtigen, gleichartigen Massen bestehen, zuweilen ganze Gebirgsketten zusammensetzen und solche, in welchen Gesteine (Lava, Bimsstein, Asche, Rapilli) von verschiedener Beschaffenheit mit einander wechseln und schichtweise auf einander folgen. Die ersteren wurden ohne heftige Eruption auf einmal aus der Tiefe emporgehoben und durchbrachen die Erdkruste an Stellen des geringsten Widerstandes; bei den letzteren folgten periodische Ausbrüche auf einander und schütteten allmählich kegelförmige Berge auf; nach und nach verminderte sich die Macht des Feuers, die Eruptionen hörten auf und die Schlünde verfielen.

Aehnliche Anschauungen vertritt der Begründer der plutonistischen Schule James Hutton nebst seinen schottischen Freunden Playfair, Watt und J. Hall. Für Hutton ist Feuer das mächtigste Agens bei der Entstehung unserer Gesteine. Der Sitz desselben liegt in der Tiefe. Durch die dort herrschende Hitze werden alle Gesteine in ein schmelzflüssiges Magma umgewandelt. Unter dem hohen Druck der jüngeren Sedimentgesteine und des Ozeans können Mineralcombinationen entstehen, die sonst an der Oberfläche bei normalem Druck und rascher Abkühlung nicht möglich wären. Die primitiven Schiefer und Kalksteine sind auf diese Weise aus einer geschmolzenen Masse hervorgegangen; Granit, Porphyr, Trapp, Basalt und ähnliche Gesteine wurden durch die Hitze emporgetrieben, gelangten jedoch nicht bis an die Oberfläche, sondern drangen als unterirdische Eruptivmassen theils zwischen vorhandene Sedimentgesteine ein oder breiteten sich als Decken auf dem Meeresgrunde aus. Trotz der beredten und überzeugenden Vertheidigung der Hutton'schen Theorie durch J. Playfair und trotz der merkwürdigen Experimente von J. Hall fand der geniale schottische Forscher bei seinen Zeitgenossen wenig Beifall. Nur langsam faßte die plutonistische Lehre Wurzel und fand erst im dritten Dezennium dieses Jahrhunderts allgemeinere Anerkennung.

Versteinerungskunde.

Im Vergleich mit der auf ziemlich hoher Stufe stehenden Petrographie, blieb die Versteinerungskunde in den zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts im Rückstand. Die Werner'sche Schule concentrierte ihr Interesse auf das Studium der Gesteine, die fossilen Ueber-

reste von Pflanzen und Thieren wurden weniger beachtet als in den vorhergehenden Jahrhunderten und so kam es, daß Deutschland die bis dahin behauptete führende Stellung in der Versteinerungskunde an Frankreich, England und Italien abtreten mußte. Immerhin verdankt man deutschen Gelehrten die vollständigsten Sammelwerke über Versteinerungen. An das ausgezeichnete Prachtwerk von Walch und Knorr schließt sich ein werthvolles Compendium des gelehrten Pfarrers Joh. Samuel Schröter[166]) an, das in den zwei ersten Bänden die Mineralien aufzählt, in den zwei letzten die Versteinerungen in systematischer Ordnung unter steter Vergleichung mit lebenden Formen behandelt. Die Bedeutung des Schröter'schen Werkes beruht mehr in der äußerst fleißigen Compilation der vorhandenen Literatur und in deren kritischen Beleuchtung als in der thatsächlichen Vermehrung des Wissensschatzes durch Beschreibung unbekannter Formen.

Einen wesentlich anderen Standpunkt nehmen die Werke von Blumenbach und E. F. v. Schlotheim ein. Von dem berühmten Göttinger Zoologen existieren zwei kurze Abhandlungen[157]), welche wegen der eigenthümlichen Anschauungen über Versteinerungen, die noch im Jahre 1803 von einem der angesehensten Naturforscher der damaligen Zeit vertreten wurden, Beachtung verdienen. Blumenbach theilt nämlich in seinem ersten Specimen Archaeologiae die fossilen organischen Reste in vier Klassen ein: 1. Versteinerungen, welche von noch jetzt in demselben Verbreitungsgebiet existierenden Arten herrühren. Zu diesen werden die Ueberreste im Kalktuff und aus dem Süßwassermergel von Oeningen in Baden gerechnet. Den vermeintlichen Homo diluvii testis von Scheuchzer, welchen Cuvier später als Riesensalamander (Andrias Scheuchzeri) erkannte, hält Blumenbach für einen Fischschädel (Silurus glanis). 2. Versteinerungen, welche zwar von lebenden Arten herrühren, die jedoch durch Fluthen oder andere Katastrophen aus anderen Regionen herbeigeschwemmt wurden. Hierher gehören die Ueberreste von Säugethieren in den Knochenbreccien der Mittelmeerländer, deren Originale jetzt in verschiedenen Zonen verbreitet sind. 3. Versteinerungen, welche eine allgemeine Veränderung des Klimas auf der Erde anzudeuten scheinen und von Arten herrühren, die zwar mit noch jetzt lebenden Aehnlichkeit besitzen, jedoch nicht völlig mit denselben übereinstimmen. Hierher werden die Säugethierknochen in den Höhlen und im aufgeschwemmten Land (Höhlenbär, Höhlenlöwe, Mammuth, Rhinoceros), die Versteinerungen aus

dem lithographischen Schiefer von Eichstätt und Solnhofen, sowie die Muscheln, Terebrateln, Balaniden und Lepaditen aus den sandigen und kreidigen Schichten Hannovers gerechnet. 4. Die vierte Classe von Versteinerungen bilden marine Reste, welche von ausgestorbenen Arten herrühren und beweisen, daß die Erde in früherer Zeit vom Meer bedeckt war. Als Beispiele werden Sepienschnäbel (Rhyncholiten und Conchorhynchen) aus dem Muschelkalk, ein Orthoceratit, ein Ammonit und ein Madreporit beschrieben und abgebildet. Von diesen vier Classen gehören nach Blumenbach die zwei ersten der historischen, die dritte der heroischen und die vierte der dunkeln mythologischen Zeit an. Das zweite Specimen enthält die Beschreibung von Elephas primigenius, Rhinoceros antiquitatis, Hyaena fossilis und Ursus spelaeus, sowie einiger anderer Versteinerungen von verschiedenen Fundorten.

Der berühmte Namen Blumenbach's verlieh diesen nicht sehr erheblichen Publicationen eine größere Beachtung, als sie es verdienten. Werthvoller sind die Arbeiten Schlotheim's.*) Dieser in der Werner'schen Schule gebildete Forscher wandte die präcise Untersuchungsmethode seines Lehrers hauptsächlich auf die Versteinerungen an. Seine erste Arbeit[158]) ist eine durch vorzügliche Abbildungen illustrierte Monographie der Pflanzenabdrücke aus der Steinkohlenformation von Ilmenau und Manebach in Thüringen; wohl das Beste, was bis dahin über fossile Pflanzen geschrieben wurde. Schlotheim gelangt nach sorgfältigem Vergleich seiner fossilen Pflanzen mit den damals bekannten lebenden Verwandten zum Ergebniß, daß die versteinerten Farnkräuter trotz großer Aehnlichkeit mit ostindischen und amerikanischen Formen doch wesentliche Verschiedenheiten aufweisen und wahrscheinlich von untergegangenen Gattungen und Arten herrühren. Da Gleiches auch für die übrigen Pflanzen aus der Steinkohlenformation zutreffe, so liege der Gedanke nahe, daß es sich hier wirklich um eine erloschene Flora der Vorwelt handle. Eine sichere Entscheidung dieser Frage wagt jedoch Schlotheim nicht zu treffen,

*) Schlotheim Ernst Friedrich Freiherr v., geboren 1764 zu Almenhausen, Grafschaft Schwarzberg, studierte in Göttingen die Rechte, in Freiberg das Bergfach, war von 1793—1828 Mitglied des Kammercollegiums in Gotha und daneben seit 1822 auch Vorstand des herzogl. Museums; starb 1832 zu Gotha. Seine reiche Sammlung von Versteinerungen wurde 1833 für das Berliner Museum angekauft.

weil nicht selten in denselben Schichten bekannte und unbekannte Arten von Versteinerungen vorkämen. Daraus dürfe man vielleicht folgern, daß gewisse Arten bei den großen Erdrevolutionen entweder wirklich vernichtet wurden und ausstarben, oder nachträglich so ausarteten, daß wir sie jetzt kaum mehr als die Nachkommen jener fossilen Stammväter erkennen können.

Schlotheim's Petrefaktenkunde[159]) enthält in erster Linie eine Aufzählung und Beschreibung der in seiner Sammlung enthaltenen Versteinerungen, zugleich aber auch eine gedrängte Uebersicht aller bis dahin bekannten fossilen Ueberreste von Thieren und Pflanzen. Es bildet gewissermaßen die Fortsetzung seiner ersten Monographie, so daß die 15 Quarttafeln der letzteren zugleich einen Theil des aus 37 Tafeln bestehenden Atlas der Petrefaktenkunde ausmachen. Nach der Beschreibung einiger menschlichen Reste aus den Gypsbrüchen von Köstritz, einer Aufzählung aller damals bekannten fossilen Säugethiere, Vögel, Fische, Amphibien, Entomolithen und Helmintholiten, befaßt sich Schlotheim sehr ausführlich mit den Mollusken, von denen eine große Anzahl neuer Arten durch kurze Beschreibungen charakterisiert werden; auch die Crustaciten (Echiniden und Encriniten), Polypiten (Korallen) und Pflanzen sind ziemlich ausführlich behandelt, letztere theilweise abgebildet. Die erste Abtheilung der Nachträge bringt die Beschreibung fossiler Knochen von Köstritz, verschiedener Krebsarten, Algen, Conchylien aus der Uebergangsformation und eine größere Anzahl Crinoideen zum Theil nach der Miller'schen Monographie. Im zweiten Nachtrag findet man eine Uebersicht aller bekannten Trilobiten, sowie eine Beschreibung der Versteinerungen des Thüringer Muschelkalkes. Die trefflich ausgeführten Kupfertafeln verleihen dem Werke Schlotheim's einen dauernden Werth insbesondere für Deutschland, dessen Versteinerungen hier zum erstenmal nach der binomischen Nomenclatur bezeichnet wurden. Die Beschreibungen der einzelnen Arten sind freilich in vielen Fällen ungenügend und die Angaben über ihr Vorkommen nicht sehr genau, so daß sie meist nur mit Hilfe der jetzt im Berliner Museum für Naturkunde aufbewahrten Originale festgestellt werden können.

Mit den Schlotheim'schen Werken lassen sich Faujas de Saint-Fond's Erörterungen über die fossilen Organismen kaum vergleichen. Der erste Band seines Essai de Géologie (Paris 1803) ist fast ausschließlich den Versteinerungen gewidmet. Er vertritt die Ansicht, die

überwiegende Mehrzahl der fossilen Ueberreste rühre von noch jetzt existierenden Pflanzen- und Thierarten her; diejenigen Formen, für welche die lebenden Analoga noch nicht gefunden seien, stammten wahrscheinlich von Bewohnern noch unerforschter Welttheile oder unzugänglicher Meerestiefen her. Als Beweis für seine Ansicht werden 56 Species von tertiären Mollusken, eine fossile Koralle, zahlreiche fossile Fische vom Monte Bolca und anderen Localitäten, einige Reptilien und Säugethiere aufgezählt und deren Uebereinstimmung mit lebenden Verwandten betont. Die wichtigen Untersuchungen von William Smith und Al. Brongniart über die chronologische Verschiedenheit der Versteinerungen finden keine Erwähnung, wie überhaupt bei Faujas von einer successiven Entwickelung der organischen Welt, welche sich aus dem Studium der Versteinerungen ableiten läßt, nirgends die Rede ist. Als Paläontologe stand demnach der erste Professor der Geologie in Frankreich auf einem durchaus veralteten Standpunkte.

Zahlreiche verdienstliche Abhandlungen über fossile Foraminiferen, Korallen, Bryozoen, Mollusken, Anneliden und Echiniden verdankt man Defrance. Sie sind in den 62 Bänden des Dictionnaire des Sciences naturelles zerstreut und wurden zwischen 1816 und 1830 veröffentlicht. Eine summarische Aufzählung aller bekannter Versteinerungen mit genauer Angabe ihrer Herkunft und vortreffliche Bemerkungen über ihren Erhaltungszustand lieferte Defrance in seinem Tableau des corps organisés fossiles (Paris 1824).

In England suchte James Parkinson durch ein in leichtverständlicher Sprache und in Briefform abgefaßtes Werk[160]) das Interesse für Versteinerungskunde zu wecken. Abgesehen von Woodward's Verzeichniß der jetzt in Cambridge aufbewahrten Sammlung gab es in Großbritannien bis dahin kein zusammenfassendes Werk über Versteinerungen. Parkinson bemühte sich, diese Lücke auszufüllen. Der erste Band, welcher 1804 erschien und 1820 zum zweitenmal abgedruckt wurde, enthält in 48 Briefen eine kurze Geschichte der Versteinerungskunde, eine Erörterung der verschiedenen Anschauungen über Versteinerungen, für welche Parkinson gerne den schon von Tob. Bergman gebrauchten Ausdruck »Medals of Creation« anwendet, ferner Betrachtungen über die Oberflächengestalt und Zusammensetzung der Erde und über fossile Pflanzen. Torfmoore, Lignit, Braunkohle und Steinkohle, unterirdische Wälder, und im Anschluß daran Bitumen,

Naphta, Asphalt, Bernstein, Honigstein u. a. werden nach ihren Eigenschaften, ihrem Vorkommen, Erhaltungszustand und den erlittenen Veränderungen geschildert. In sehr ausführlicher Weise folgt sodann eine Erörterung der verschiedenen versteinerten Hölzer, Blätterabdrücke, Farne, Stammstücke, Zweige und Früchte hauptsächlich aus der Steinkohlenformation und dem Tertiär; neun colorierte, sauber ausgeführte Quarttafeln vervollständigen diesen Theil. Parkinson steht in seinen Ansichten über die Versteinerungen noch so ziemlich auf dem Standpunkt der Diluvianer. Er macht keinen Versuch, die fossilen Pflanzen nach Gattung und Art genau zu bestimmen, vergleicht jedoch die besser erhaltenen unter Beihilfe des Botanikers J. Edw. Smith mit lebenden Formen und kommt zu dem Resultat, daß sie meist Producte eines wärmeren Klimas seien. Im Ganzen steht der erste Band über fossile Pflanzen noch so ziemlich auf dem Standpunkt des Knorr und Walch'schen Werkes und bleibt an Präcision der Beschreibungen und Sicherheit der gewonnenen Resultate erheblich hinter Schlotheim's gleichzeitigen Arbeiten zurück. In ähnlicher Weise wie die Pflanzen sind im zweiten Band (29 Briefe mit 19 Tafeln) die Korallen, Spongien und Crinoideen behandelt. Auch hier ist die Linné'sche Nomenclatur noch nicht consequent durchgeführt und darum die spätere Brauchbarkeit des Werkes geschmälert. Im dritten Band (mit 22 Tafeln) konnte sich Parkinson bei den Echiniden auf Klein und Leske, bei den Mollusken auf die Vorarbeiten Lamarck's, bei den Wirbelthieren auf die Ergebnisse der Cuvier'schen Forschungen stützen. Der Verfasser kommt mehr und mehr zur Ueberzeugung, daß sehr viele der fossilen Organismen zu ausgestorbenen Arten gehören. Auch der Einfluß der William Smith'schen Untersuchungen über die chronologische Verschiedenheit der Straten und der in denselben enthaltenen Versteinerungen macht sich jetzt geltend, so daß Parkinson schließlich zu dem Ergebniß gelangt, der Mosaische Schöpfungsbericht sei nur in der Form haltbar, daß die Tage als lange Perioden in der Entwickelung der Erde gedeutet werden. Der Hauptinhalt des Parkinson-schen Werkes wurde später in einem Leitfaden[161]) zusammengefaßt, worin die Mollusken besondere Berücksichtigung fanden.

Neben diesen umfassenderen Werken entwickelte sich im vorigen und im Anfang dieses Jahrhunderts eine ziemlich umfangreiche Literatur über speciellere Gebiete der Versteinerungskunde. Verhältnißmäßig spärlich sind die Arbeiten über fossile Pflanzen. Hatten die theil-

weise trefflich erhaltenen fossilen Blätter, Farnwedel, Baumstämme wohl am meisten beigetragen, die absurden Anschauungen über die Entstehung der Versteinerungen zu beseitigen, so gelangte man doch erst spät zu einer richtigen Deutung der fossilen Pflanzen. Gerade ihre Aehnlichkeit mit lebenden Formen verleitete zu dilettantenhaften Vergleichen und unrichtigen Bestimmungen. So glaubte Scheuchzer[162]) unter den von ihm beschriebenen versteinerten Pflanzen die Gattungen Galium, Fragaria, Fumaria, Osmunda, Saxifraga, Sorbus, Trifolium, Vitis u. a. zu erkennen, und auch Volkmann, Lange, Möring, Lehmann, ja sogar Walch und Blumenbach suchten in erster Linie nach Repräsentanten in der jetzigen europäischen Flora.

Leibniz, Jussieu, Lesser, Parsons, Dulac, Giraud Soulavie, Faujas de Saint-Fond u. A. erklärten die meisten fossilen Pflanzen für tropische Gewächse; daß die Calamiten mit keinen jetzt existierenden Pflanzen vergleichbar, sondern entschieden erloschen seien, wagte erst Suckow[163]) im Jahre 1784 auszusprechen. Erst die Abhandlungen von Schlotheim eröffneten für die fossilen Vegetabilien eine neue Periode und bahnten den Weg für die im dritten Dezennium des jetzigen Jahrhunderts erscheinenden grundlegenden Arbeiten von Graf Sternberg und Ad. Brongniart.

Reicher und vielfach auch befriedigender ist die Literatur über fossile Thiere. Aus der Classe der Protozoen hatten die Nummuliten schon frühzeitig die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Sie werden bereits von Herodot aus Aegypten erwähnt und von Strabo mit Linsen verglichen; Conrad Gesner (1565) beschreibt die ersten Nummuliten aus Europa aus der Gegend von Paris und stellt sie zu den Ammonshörnern, Aldrovandi hält sie für Naturspiele, ebenso Ath. Kircher, bei dem sie unter dem Namen Kümmelsteine figurieren. Gute Beschreibungen und Abbildungen von schweizerischen Nummuliten liefern J. Jac. Scheuchzer und Lang, und von da an erscheinen die sogenannten Nummi lapidei, Lapides frumentarii, Phaciten, Discoliten, Helmintholiten, Heliciten, Nummuliten, Lenticuliten in allen Sammelwerken über Versteinerungen. Speciellere Untersuchungen über Nummuliten veröffentlichten Bruckmann[164]), Gualtieri[165]), Guettard[166]), Saussure, Bruguière[167]), Fortis, de Luc, Denys de Montfort und Lamarck[168]), ohne jedoch über deren zoologische Stellung in's Klare zu kommen. In der Regel werden

sie an Nautilus und die Ammonshörner angeschlossen, aber auch für Würmer (Saussure) oder für innere Schalen von Mollusken (Fortis, de Luc) gehalten. Die ersten kleinen fossilen Foraminiferen entdeckte J. B. Beccari 1711 im tertiären Sand von Bologna und verglich sie später (1731) mit den von Janus Plancus (Bianchi) am Strand von Rimini aufgefundenen Schälchen.

In einem mit bewunderungswürdigem Fleiß abgefaßten Prachtwerk beschreibt Soldani[169]) eine große Anzahl aus den Tertiärschichten Siena's stammender Foraminiferen und bildet sie in starker Vergrößerung ab; Fichtel und Moll[170]) veröffentlichen eine mit 24 colorierten Tafeln ausgestattete Monographie der bis 1803 bekannten Formen, und Batsch liefert auf sechs Kupfertafeln recht deutliche Abbildungen verschiedener Gattungen und Arten. Ueber die Weichtheile der Foraminiferen wußte man in damaliger Zeit noch nichts; die ganze Literatur beschränkte sich darum auf die Beschreibung und Classificierung der Schalen.

Kenntliche, zum Theil sogar vortreffliche Abbildungen fossiler Spongien finden sich in großer Zahl in den Bilderwerken des 17. und 18. Jahrhunderts, namentlich bei Lang, Bayer, Kundmann, Knorr und Walch, allein sie wurden meist als Seepflanzen oder Früchte gedeutet oder man vereinigte sie unter der Bezeichnung Coralliolithen, Alcyonien, Fungiten mit Korallen und Bryozoen. Die ersten eingehenderen Studien veröffentlichte der vielseitige Guettard[171]) in seinen vermischten Abhandlungen. Seine Untersuchungen beschränkten sich nicht auf die Beschreibung der äußeren Form; auch die innere Structur, die Canäle und Mündungen wurden sorgfältig berücksichtigt. Anfänglich verglich Guettard die fossilen Spongien mit lebenden Meerschwämmen, stellte sie dann zu den Korallen, kam aber schließlich doch wieder auf die Spongien zurück. Seine Abhandlungen sind von brauchbaren Abbildungen begleitet und nehmen in der älteren Literatur unstreitig die erste Stelle ein. Parkinson schließt die Spongien in seinem Hauptwerk an die lebenden Alcyonarien an, liefert sorgfältige Beschreibungen und vortreffliche Abbildungen einer Anzahl cretaceischer und jurassischer Formen, verzichtet aber auf eine streng systematische Behandlung; in seinem späteren kleineren Werk vergleicht Parkinson einige Formen mit Spongien, die übrigen mit Alcyonarien, und darin folgt ihm der Hauptsache nach auch Schlotheim.

Fossile Korallen finden sich neben Spongien in den älteren descriptiven Bilderwerken von Lhwyd, Büttner, Helwing, Knorr und Walch u. a. vielfach abgebildet. Der große Linné ließ durch einen seiner Schüler Fougt[172]), eine Abhandlung über silurische Korallen von Gotland ausarbeiten und auch Guettard beschäftigte sich eingehend mit fossilen Korallen aus der Dauphiné und anderen Theilen Frankreichs. Die hübschen Abbildungen bei Parkinson illustrieren besonders Formen aus älteren Ablagerungen Englands und Skandinaviens und Schlotheim konnte unter den vagen Gattungsbegriffen Fungites, Porpites, Hypurites, Madreporites, Milleporites und Tubiporites schon eine ziemlich stattliche Anzahl von Arten aufzählen. Im Ganzen beschränkte sich jedoch die Untersuchung der fossilen Korallen auf äußerliche Merkmale, die Organisation der lebenden Thiere war noch unvollkommen bekannt und der Systematik gebrach es an einer festen Grundlage.

Günstiger stand es um die Kenntniß der Crinoideen. Die älteren Autoren im 16. und 17. Jahrhundert bilden Stielglieder und vereinzelte Kronen von fossilen Seelilien häufig unter der Bezeichnung Trochitae, Entrochitae, Encrinitae, Pentacrinitae, Rädersteine, Liliensteine, Bonifazius-Pfennige 2c. ab, enthalten sich aber entweder jeglicher Meinung über ihre systematische Stellung oder vergleichen sie mit Seeigelstacheln oder Pflanzen. Die Abhandlung von Rosinus[173]) weist zuerst auf die Verwandtschaft mit Euryale hin und zeigt, daß die Stielglieder keine selbständigen Körper seien, wie man bisher geglaubt hatte. Verschiedene Gattungen, namentlich Encrinus, sind vortrefflich beschrieben und abgebildet. Einen wesentlichen Fortschritt in der Kenntniß der Seelilien bezeichnet die Abhandlung von Guettard über den Palmier marin von Martinique, das erste lebende Exemplar eines Pentacrinus, welches zugleich Aufschluß gewährte über die bekannten fossilen Stielglieder und Kronen aus dem Lias und Jura. Blumenbach wies den Seelilien ihren richtigen Platz im System neben den Seesternen und Ophiuren an. Mancherlei gute Beobachtungen finden sich bei Schulze[174]) und Parkinson; die wissenschaftliche Literatur über Seelilien beginnt jedoch erst mit der Naturgeschichte der Crinoideen von J. S. Miller[175]) aus Danzig, welcher nicht nur vortreffliche Beschreibungen zahlreicher neuer Arten und Gattungen aus dem irischen Kohlenkalk und dem oberen Silur von Dudley lieferte, sondern auch zur Bezeichnung der einzelnen Theile des Kelches,

der Arme und des Stieles eine sinnreiche, theilweise Parkinson entlehnte Terminologie vorschlug.

Bei der wichtigen Classe der Seeigel hielt die Kenntniß der fossilen und lebenden Formen von Anfang an so ziemlich gleichen Schritt. Die erste systematische Abhandlung über Echiniden veröffentlichte 1732 der Danziger Joh. Phil. Breyn[176]); hier werden alle bekannten lebenden und fossilen Seeigel auf 7 Gattungen: Echinus, Echinometra, Echinoconus, Echinocorys, Echinanthus, Echinospatagus, Echinobrissus und Echinodiscus) vertheilt und theilweise recht gut abgebildet. Noch wichtiger ist die Dispositio Echinodermatum von Jac. Theod. Klein (Gedani 1734), von welcher Leske 1778 eine zweite, mit vielen Zusätzen vermehrte Auflage herausgab. Das Klein-Leske'sche Werk enthält eine vollständige Uebersicht der Literatur über lebende und fossile Seeigel und stellt im systematischen Theil 20 neue Gattungen auf, deren Namen jedoch nur theilweise in die spätere Literatur Eingang fanden. Die Werke von Breyn und Klein nehmen eine hervorragende Stellung in der systematischen Zoologie und Versteinerungskunde ein.

Die Mollusken erfreuten sich wegen der Häufigkeit und günstigen Erhaltung ihrer Schalen von jeher der besonderen Aufmerksamkeit der Geologen. In den älteren Bilderwerken des 17. und 18. Jahrhunderts sind die fossilen Cephalopoden in der Regel unter den Bezeichnungen Belemnites, Nautilites, Ammonites und Orthoceratites zusammengefaßt; die Schnecken oder Cochliten wurden in eine Anzahl unbestimmt charakterisierter Gattungen (Dentaliten, Serpuliten, Heliciten, Patelliten, Volutiten, Muriciten, Bucciniten, Strombiten, Turbiniten, Trochiliten u. a.) eingeteilt; die Muscheln oder Conchiten, denen auch die Brachiopoden und Cirrhipeden zugesellt wurden, zerfallen in Myaciten, Telliniten, Venuliten, Arcaciten, Bucarditen, Chamiten, Mytuliten, Pectiniten, Gryphiten, Ostraciten u. a. Als Conchae anomiae oder Anomiten wurden nach dem Beispiel Fabio Colonna's die Brachiopoden bezeichnet. In den Sammelwerken von Parkinson und Schlotheim sind zahlreiche neue fossile Arten von Mollusken beschrieben, auch die Conchyliologie systématique von Denis de Montfort (1808—1810) enthält einige neue Genera, meist von Cephalopoden, die jedoch durchwegs mangelhaft definiert sind. Sehr verdienstlich sind die leider durch frühzeitigen Tod unterbrochenen Arbeiten von J. G. Bruguières in der Encyclopédie métho-

dique über lebende und fossile Mollusken und Brachiopoden. Als Reformator und Begründer der wissenschaftlichen Conchyliologie ist Lamarck*) zu betrachten. In den Annales du Museum veröffentlichte er eine mit guten Tafeln versehene Monographie der tertiären Mollusken des Pariser Beckens und in seiner Histoire naturelle des animaux sans vertèbres definierte er mit bewunderungswürdiger Schärfe die zahlreichen Gattungen und Arten von wirbellosen Thieren und schuf damit, insbesondere für die Mollusken, eine für Dezennien maßgebende Grundlage. Von kaum geringerer Wichtigkeit für die Kenntniß der fossilen Mollusken, wenn auch an wissenschaftlicher Tiefe nicht im entferntesten vergleichbar mit den Werken Lamarck's ist die im Jahre 1812 von James Sowerby begonnene und 1822—1845 von dessen Sohn James de Carle Sowerby fortgesetzte Mineral Conchology of Great Britain, ein illustrierter Katalog aller in Großbritannien vorkommender fossiler Mollusken. Das sechs Bände starke Werk erschien in Lieferungen und enthält 604 charakteristisch aufgefaßte und geschickt gezeichnete colorierte Tafeln nebst kurzem erläuterndem Text. Der Stoff ist nicht systematisch geordnet, sondern Beschreibungen und Abbildungen der Arten folgen offenbar in der Reihenfolge, in welcher das Material den Autoren im Laufe der Zeit zufloß. Daß eine derartige Publication keinen hervorragenden wissenschaftlichen Werth besitzen kann, liegt auf der Hand; allein die beiden Sowerby's waren unermüdliche Sammler, gute Conchyliologen und geschickte Zeichner.

*) Jean Baptiste de Monet, Chevalier de Lamarck, geboren 1744 zu Buzantin bei Bapaume (Somme), zeichnete sich anfänglich in der militärischen Laufbahn aus, wurde verletzt und mußte einen anderen Beruf ergreifen; er studierte dann Medicin, arbeitete in einem Bankhause, um seinen Lebensunterhalt zu gewinnen, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit Botanik, Physik und Chemie. Er gab 1773 eine Flore Française heraus, wurde 1788 in der botanischen Abtheilung des Jardin des plantes als Custos angestellt und erhielt im fünfzigsten Lebensjahr die Stelle eines Professors der Zoologie am Museum, welche er bis zu seinem Tode (1829) bekleidete. 1801 veröffentlichte er sein Système des animaux sans vertèbres und 1815 bis 1822 sein Hauptwerk Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, wovon 1836 eine durch Zusätze von Deshayes und Milne Edwards vermehrte zweite Auflage erschien. Seine Philosophie zoologique, worin Lamarck mit großer Entschiedenheit für die Descendenztheorie und Umwandlungsfähigkeit der Arten eintrat, erlitt vielfache Anfechtung und fand erst in neuester Zeit die verdiente Anerkennung. Seine Anhänger bilden gegenwärtig die sog. Neo-Lamarck'sche Schule.

Sie förderten durch ihr Werk in hohem Grade das Studium der Versteinerungen.

Neben diesen umfassenderen Publicationen über die Gesammtheit der Mollusken erschienen eine Anzahl Arbeiten über einzelne Ordnungen oder Monographieen bestimmter Ablagerungen. So beschäftigten sich Férussac, Bosc, Brard und Brongniart mit tertiären Süßwassermollusken, Picot de Lapeirouse und de la Métherie mit den merkwürdigen Rudisten der Corbières, Erhardt, Breyn und Faure-Biguet mit Belemniten. Für die Kenntniß der Ammonshörner hatten Reiske und Scheuchzer bereits brauchbare Vorarbeiten geliefert; die wichtige Abhandlung von Breyn (Dissertatio de Polythalamiis 1732) theilt die fossilen gekammerten Cephalopodenschalen in die Gattungen Nautilites, Ammonites, Lituites und Orthoceratites ein. Reineckes[177]) Monographie der im Coburger und fränkischen Gebiet vorkommenden Ammonshörner enthält die Beschreibung und Abbildung von 40 Arten gekammerter Cephalopoden aus dem Jura- und Muschelkalk und gehört zu den besten älteren Arbeiten über Ammoniten.

Unter den Autoren, welche sich mit der Beschreibung von Faunen einzelner Formationen beschäftigten, verdienen in erster Linie Al. Brongniart und Lamarck genannt zu werden. Brander und Solander[178]) veröffentlichten eine mit trefflichen Tafeln ausgestattete Monographie der Tertiärconchylien von Südengland und Martin[179]) eine noch jetzt brauchbare Beschreibung der Kohlenkalkversteinerungen aus Derbyshire. In Italien beschäftigten sich außer Soldani auch Pini, Allioni, Fortis u. A. mit den Tertiärconchylien der Poebene und des Veronesergebietes. Eine für seine Zeit bewunderungswürdige Leistung ist Brocchis Conchyliologia fossile subapennina (Milano 1811); noch heute ein Fundamentalwerk für die Kenntniß der tertiären Conchylien Italiens.

Ueber fossile Arthropoden wußte man bis 1820 wenig; fossile Krebse aus dem lithographischen Schiefer von Bayern, aus den Tertiärschichten von Oberitalien und Tranquebar, Trilobiten (Entomolithen) aus England, Schweden und Böhmen, sowie vereinzelte Insekten finden sich zwar in den älteren Bilderwerken vielfach abgebildet, allein an einer genaueren, wissenschaftlichen Untersuchung über dieselben fehlte es noch gänzlich.

Fossile Fische, namentlich Haifischzähne, spielen in der Geschichte der Geologie und Paläontologie eine nicht unwichtige Rolle. Zähne von Haien hatten schon Palissy und Steno zu richtigen Anschauungen über das Wesen der Versteinerungen geführt und in den Werken von Fabio Colonna, Wormius, Kircher, Scilla, Baier, Bourguet, Burtin, Knorr und Walch ꝛc. finden sich Fischzähne unter der Bezeichnung Glossopetren, Lamiodonten, Schlangenzungen, Vogelzungen, Schwalbensteine vielfach abgebildet und beschrieben. Auch die schön erhaltenen Fischabdrücke und Skelete aus dem Kupferschiefer des Mansfelder Gebietes, aus dem Juraschiefer von Solnhofen und Eichstätt, aus dem Kalkmergel von Oeningen, aus dem schwarzen Dachschiefer von Glarus, aus dem tertiären Kalkschiefer des Monte Bolca u. a. O. wurden immer von Neuem abgebildet und meist unrichtig mit lebenden Formen verglichen. Eine sorgfältige Zusammenstellung aller fischführenden Gesteine und Localitäten liefert Faujas de Saint-Fond im ersten Band seiner Essai de Géologie und eine Uebersicht aller bis 1818 bekannten fossilen Gattungen und Arten Blainville im Dictionnaire d'histoire naturelle. Eine prächtige illustrierte Monographie der fossilen Fische des Monte Bolca hat Volta 1796 veröffentlicht.

Von Amphibien kannte man fast nur den schon von Scheuchzer abgebildeten Andrias (vgl. S. 25), sowie einige Ueberreste von Fröschen aus Oeningen. Auch die Kenntniß der fossilen Reptilien beschränkte sich auf wenige Formen. Wirbel von Ichthyosaurus aus dem Lias von England und Altdorf finden sich schon bei Llwyd und Baier abgebildet und wurden als Fischwirbel gedeutet; Scheuchzer hielt ähnliche Reste von Altdorf für Menschenwirbel. Den ersten Schädel von Ichthyosaurus aus dem Lias von Lyme Regis in Dorset beschrieb Sir Everard Home (Philos. Trans. 1814) unter dem Namen Proteosaurus. Eines der ältesten Reptilien, der Proterosaurus aus dem Kupferschiefer von Suhl wurde im Jahre 1706 aufgefunden und von Spener 1710 (Miscellanea Berolinensia p. 92) als Crocodil gedeutet; ein zweites Exemplar erklärte Linck 1718 ebenfalls für ein Crocodil, während Kundman eher eine Eidechse darin erkennen wollte, worin ihm Cuvier später beipflichtete. Swedenborg hielt (1734) den Proterosaurus für eine Meerkatze. Aechte Crocodilreste erwähnte Collini aus dem Lias von Altdorf, Faujas de Saint-Fond aus dem oberen Jura von Honfleur und Le Havre und aus dem Tertiär des Vicetino.

Ein fünf bis sechs Fuß langes Crocodilskelet (Teleosaurus), von dem jedoch nur einige Wirbel gerettet wurden, sahen Chapman und Wooller (Philos. Trans. Bd. 50) im oberen Lias von Whitby. Im Jahr 1780 entdeckte Hoffmann im Kreidetuff des Petersberges bei Mastricht den berühmten, jetzt in Paris befindlichen Mosasaurus-Schädel, den Peter Camper und van Marum einem Cetaceen, Faujas de Saint-Fond einem Crocodil zuschrieben, während Adrian Camper und mit aller Bestimmtheit Cuvier die Aehnlichkeit mit Eidechsen betonten. Die schön illustrierte Monographie des Mastrichter Petersberges von Faujas de Saint-Fond mit einer ausführlichen osteologischen Abhandlung über die damals bekannten lebenden und fossilen Crocodilier, nebst einer ausführlichen Beschreibung des Mosasaurus-Schädels, wurde von Cuvier einer herben Kritik unterzogen. Großes Erstaunen erregte ein bei Solnhofen aufgefundenes, zuerst im Museum in Mannheim, jetzt in München befindliches, prachtvoll erhaltenes Skelet eines kleinen Sauriers, den Collini zuerst beschrieb und abbildete [189]) und für ein unbekanntes amphibisches Seethier von zweifelhafter zoologischer Stellung erklärte. Blumenbach hielt es für einen Wasservogel, während Cuvier darin ein fliegendes Reptil erkannte, welchem er den Namen Pterodactylus beilegte. Obwohl Cuvier mit überzeugenden Gründen in der ersten Ausgabe seiner Recherches sur les ossements fossiles vol. IV (1812) die Reptiliennatur des Pterodactylus nachgewiesen hatte, erklärten Hermann und Sömmerring denselben doch für ein neues, den Fledermäusen nahestehendes Säugethiergeschlecht. Alle bis zum Jahre 1812 bekannten fossilen Reptilien, worunter auch eine Anzahl Schildkröten aus Belgien und Mastricht, mit denen sich bereits Burtin, Camper und Faujas de Saint-Fond beschäftigt hatten, sowie aus dem Schiefer von Glarus und dem Gypsmergel von Aix wurden in G. Cuvier's Recherches eingehend erörtert und mit ihren lebenden Verwandten verglichen.

Unter den fossilen Säugethieren hatten Zähne und Knochen von Elephanten zuerst die Aufmerksamkeit auf sich gezogen und Veranlassung zu vielerlei Hypothesen gegeben. Schon Theophrast kannte nach dem Berichte des Plinius fossiles Elfenbein und große Knochen von Landthieren; die fossilen Riesenknochen in dem Museum des Kaisers Augustus auf Capri, von denen Sueton berichtet, rührten wahrscheinlich von Elephanten her. Ath. Kircher, Fallopio,

Bonanni, Bocaccio, Janus Plancus, Targioni-Tozzetti, Morozzo, Fortis, Dolomieu, Breislak und viele Andere erwähnen Reste von Elephanten aus den verschiedensten Theilen Italiens. Ein ganzes Skelet wurde 1456 bei Crussol im Rhonethal und ein zweites 1613 in der Dauphiné ausgegraben. Letzteres erregte gewaltiges Aufsehen; ein Chirurg Mazurier erklärte es für das Skelet des Cimbernkönigs Teutobochus und zeigte einzelne Knochen für Geld in Paris und anderen Städten. In einem heftigen literarischen Streit zwischen Habicot und Riolan suchte der letztere gegen Habicot zu beweisen, daß es sich nicht um Menschen-, sondern um Elephantenreste handle. Ueber zahlreiche neuere Funde in Frankreich und Belgien berichteten Faujas, Burtin und Camper und noch reicher an Nachrichten über fossile Mammuthreste ist die deutsche Literatur. Zu den berühmtesten Funden gehört das 1696 bei Burgtonna gefundene Skelet, das zu einer Aufsehen erregenden Disputation zwischen Tentzel (vgl. S. 21) und dem medicinischen Collegium in Gotha Veranlassung bot, wobei Tentzel die Knochen und Zähne mit den entsprechenden Theilen des Elephanten verglich und seine Gegner, welche in den Funden Naturspiele erkennen wollten, erfolgreich bekämpfte. Im Jahre 1700 wurde bei Cannstatt ein Lager fossiler Knochen entdeckt, worin sich erstaunliche Mengen von Elephantenzähnen befanden, die theilweise noch jetzt im Stuttgarter Museum aufbewahrt werden. Das Rhein- und Neckarthal, die Gegend von Braunschweig (Thiede), Osterode am Harz, Thüringen und Schlesien lieferten zahlreiche Reste des fossilen Elephanten, so daß Merk im Jahre 1784 24, Blumenbach 1803 bereits 200 Fundorte in Deutschland anzugeben vermochten. Blumenbach unterschied auch zuerst den fossilen Elephanten oder das Mammuth unter der Bezeichnung Elephas primigenius von den beiden lebenden Arten. Ueber das massenhafte Vorkommen von Mammuthresten in Rußland und Sibirien berichtet Pallas ausführlich und 1796 veröffentlichte G. Cuvier seine brillante Abhandlung über fossile Elephanten mit einer vollständigen Uebersicht aller bis dahin bekannten Funde und Literaturnachrichten.

Neben dem Mammuth erregten die Reste des wollhaarigen Rhinoceros antiquitatis oder tichorhinus am meisten Aufmerksamkeit, namentlich nachdem Pallas einen im Jahre 1772 mit Haut und Fleisch erhaltenen Cadaver im gefrorenen Boden Sibiriens beschrieben hatte.

Merk in Darmstadt[181]) und Collini in Mannheim berichten über fossile Rhinocerosschädel im Rheinthal und Faujas de St.-Fond sucht im Gegensatz zu Cuvier und Blumenbach nachzuweisen, daß dieselben mit den jetzt in Afrika lebenden Species mit zwei Hörnern übereinstimmen. Ueber fossile Landsäugethiere, namentlich Elephanten- und Rhinocerosreste in Italien, schrieb Nesti mehrere Abhandlungen; Cortesi berichtet über das Skelet von Rhinoceros und eines Walthiers (Plesiocetus) von Pugnasco bei Piacenza und Lamanon über verschiedene fossile Knochen aus dem Gyps bei Paris; Blumenbach über Reste von Landsäugethieren von Osterode, Thiede, Burgtonna, der Baumannshöhle und anderen Localitäten, Schlotheim über solche aus Köstritz bei Weimar. Die fränkischen Höhlen wurden von Esper[182]) und Rosenmüller[183]) erforscht und die darin vorkommenden Säugethierreste ausführlich besprochen. Ueber große nordamerikanische Säugethiere (Mastodon, Megalonyx) hatten schon im vorigen Jahrhundert Mather, Daubenton, Buffon, Croghan, Peale und Jefferson geschrieben und auch die Existenz der fossilen Riesenfaulthiere und gewaltigen Gürtelthiere Südamerikas war bereits Buffon wohl bekannt.

Fast alle bisher genannten Publicationen über fossile Säugethiere bewegten sich auf einer unsicheren Basis und gelangten darum auch zu keinem sicheren Ergebniß über die Beziehungen der fossilen zu den noch jetzt lebenden Formen. Erst dem schöpferischen Geiste Cuvier's*) war es beschieden, die vergleichende Anatomie zu einer selbständigen Wissenschaft zu erheben und damit jenen Boden zu schaffen, auf welchem eine exacte Untersuchung der fossilen Wirbelthiere gedeihen konnte. Cuvier's ursprünglich in den Annales du Muséum veröffentlichte Abhandlungen über fossile Vertebraten wurden 1812 zum erstenmal in einem besonderen Werk gesammelt und darin, ohne systematische Anordnung, nach der Zeitfolge ihrer Entstehung aneinander gereiht.

---

*) Leop. Chr. Friedr. Dagobert Georges Cuvier, geboren am 24. August 1769 in der damals württemberg'schen Stadt Mömpelgardt (Montbeliard), erhielt seine Ausbildung in der Karlsschule zu Stuttgart, wurde 1788 Hauslehrer beim Grafen d'Héricy in Fiquainville (Calvados), 1795 Professor an der École centrale in Paris, 1800 Professor der Naturgeschichte am College de France, 1802 Professor der vergleichenden Anatomie am Pflanzengarten, 1814 Staatsrath, 1819 Abtheilungchef im Ministerium des Innern mit dem Titel eines Barons und 1831 Pair von Frankreich. Starb am 13. Mai 1832.

Von den vier Bänden der Recherches sur les ossements fossiles enthält der erste den berühmten Discours préliminaire, von welchem später die Rede sein wird, ferner eine Abhandlung über den Ibis der alten Aegypter, einen mit vielen Zusätzen versehenen Abdruck der geologischen Beschreibung der Umgebung von Paris von Al. Brongniart und Cuvier (vgl. S. 148), sowie Ergänzungen und Berichtigungen für die Bände II, III und IV. Die Abhandlungen über fossile Knochen füllen die drei folgenden Bände. Der zweite Band bringt zuerst einige Bemerkungen über die Familie der Pachydermen und über die Ablagerungen, worin ihre fossilen Reste vorkommen. Darauf folgen vergleichend osteologische Abhandlungen über Hyrax, über die lebenden und fossilen Nashörner, Flußpferde, Tapire und Elephanten, sowie über die erloschene Gattung Mastodon. Man erkennt in dieser Reihenfolge den Weg, welchen Cuvier bei seinen Studien eingeschlagen hatte; man begleitet den genialen Forscher bei seinen Versuchen, die Reste fossiler Säugethiere durch steten Vergleich mit ihren Verwandten, deren Osteologie erst festzustellen war, zu bestimmen; man bewundert die Klarheit, prägnante Kürze und Schönheit der Darstellung, die Schärfe der Beobachtung und die erstaunliche Beherrschung der Literatur. Im zweiten Band sind elf fossile Arten aus dem „aufgeschwemmten Land“ (terrains meubles) von Europa, Asien und Nordamerika beschrieben: ein Rhinoceros, zwei Hippopotamus, zwei Tapire, ein Elephant und fünf Mastodonten. Mit Ausnahme der Mastodonten gehören alle Arten zu Gattungen, die noch heute in den Tropen existieren, doch ist ihre geographische Verbreitung von der jetzigen abweichend. Nur bei der größeren Flußpferd-Species (Hippopotamus major) ist die Verschiedenheit von der lebenden afrikanischen Art zweifelhaft, alle übrigen fossilen Formen gehören mit Sicherheit zu besonderen ausgestorbenen Arten. Die im zweiten Band beschriebenen fossilen Knochen finden sich in sandigen und thonigen Ablagerungen nahe der Oberfläche und wurden darum durch eine der letzten Katastrophen und zwar durch eine Ueberfluthung eingebettet, welche die höheren Berggipfel nicht erreichte. Aus der Beschaffenheit der Knochen geht hervor, daß sie nicht aus weiter Ferne herbeigeschwemmt, sondern in der Nähe ihres Aufenthaltes begraben wurden, und daß somit die gemäßigten Zonen früher von Landthieren bewohnt waren, deren Verwandte jetzt nur in heißen Gegenden hausen. Die genaue Untersuchung der fossilen Säugethiere gewährt nach Cuvier

keinerlei Anhaltspunkte für die Annahme, daß die noch jetzt existierenden Formen durch allmähliche Transformation aus früher vorhandenen hervorgegangen seien. Der dritte Band enthält die Beschreibung der im Gyps der Umgebung von Paris vorkommenden Wirbelthierreste. Bei der Bestimmung dieser zum Theil mangelhaft erhaltenen und regellos vermengten Knochen und Zähne zeigte sich Cuvier's feine Beobachtung und scharfsinnige Combinationsgabe im glänzendsten Licht und hier erzielte er durch Anwendung seines Gesetzes der Correlation der einzelnen Theile zum Ganzen die überraschendsten Erfolge. Die Untersuchung der häufiger vorkommenden Reste führte zunächst zur Unterscheidung von zwei erloschenen Gattungen (Palæotherium und Anoplotherium). Nach der Bestimmung von Gebiß und Schädel derselben suchte Cuvier durch steten Vergleich mit den lebenden Gattungen Tapir, Rhinoceros, Pferd und Kameel auch die übrigen Knochen der beiden Genera ausfindig zu machen und so schließlich die Skelete von Palæotherium und Anoplotherium vollständig zu reconstruieren. Bald zeigte es sich, daß jede der beiden Gattungen mehrere Arten von verschiedener Größe enthalte, und daß auch an anderen Localitäten (Orléans, Buchsweiler, Issel) ähnliche Formen vorkommen, die später als selbständige Gattungen (Anchitherium, Anthracotherium, Lophiodon) erkannt wurden. In gleicher Weise wie bei den Hufthieren unterschied Cuvier verschiedene Gattungen von Raubthieren und als sogar ein mit den amerikanischen Beutelratten (Didelphys) übereinstimmendes Skelet im Gyps des Montmartre zum Vorschein kam, war Cuvier von der Sicherheit seiner Methode so fest überzeugt, daß er in Gegenwart mehrerer skeptischer Fachgenossen mit geschickter Hand die charakteristischen Beutelknochen am Schambein an einer im Voraus bezeichneten Stelle aus dem Gestein herauspräparierte und damit die Zugehörigkeit des fossilen Skelets zu den Beutelthieren unwiderleglich nachwies. Die Beschreibung einer Anzahl Vogel-, Reptilien- und Fischreste bildet den Schluß des dritten Bandes. Der letzte Band enthält Abhandlungen über Reste von Wiederkäuern, Pferden, Schweinen und Nagern im Terrain meuble und in den Knochenbreccien von Gibraltar; über Raubthiere in den Knochenhöhlen von Deutschland und Ungarn; über Bradypus, Megalonyx, Megatherium, Sirenen und Phoken und schließlich eine Uebersicht aller bekannten fossilen Reptilien. Auch hier geht jedem Abschnitt eine erschöpfende osteologische Erläuterung

der nächstverwandten lebenden Formen voraus. Dem Cuvier'schen Meisterwerk läßt sich in der gesammten vergleichend-anatomischen und paläontologischen Literatur kaum etwas Ebenbürtiges zur Seite stellen. Es erlebte vier Auflagen, wovon jede durch neue eingeschaltete Abhandlungen vermehrt war. Die letzte, von seinem Bruder Friedrich Cuvier herausgegebene Auflage (1834—1836) besteht aus 10 Bänden Text und 2 Bänden Atlas.

Der Discours préliminaire des ersten Bandes ist später geschrieben als die übrigen Abhandlungen der Recherches. Er wurde 1812 zum erstenmal veröffentlicht, erschien dann selbständig in sechs vom Autor mehrfach umgearbeiteten Auflagen. In der zweiten Auflage der Recherches (1821—1824) führt er den Titel Discours sur les Révolutions de la surface du globe, und in dieser Form wurde er mehrfach in fremde Sprachen übersetzt. Cuvier's Ansichten über die Entstehung und Veränderungen der Erde, über die Beziehungen der Versteinerungen zur jetzigen Schöpfung und über die ganze Entwickelung der Lebewesen im Laufe der Zeit wurden bereits 1808 in einem Bericht an den Kaiser Napoleon angedeutet, aber erst in seinem Discours sur les Révolutions du globe genauer begründet und zu einem theoretischen Lehrgebäude vereinigt.[184])

Der Discours beginnt mit dem Nachweis, daß die Oberfläche der Erde im Laufe der Zeit durch heftige Revolutionen und Katastrophen verheert worden sei. Ein großer Theil der Festländer, namentlich die Ebenen und niedrigeren Gebirge, ist meist mit horizontalen Ablagerungen marinen Ursprungs bedeckt, worin zahllose und häufig trefflich erhaltene Reste von Meeresbewohnern vorkommen; die höheren (secundären) Gebirge bestehen aus geneigten oder senkrechten, mächtigen Gesteinslagern, welche ebenfalls marine Versteinerungen enthalten, die sich jedoch von denen in den erstgenannten horizontalen Ablagerungen unterscheiden. Die geneigten Schichten werden häufig von den horizontalen bedeckt, sind älter als diese und wurden durch eine Katastrophe in ihre jetzige Lage gebracht. Die große Verschiedenheit der Gesteinslager und ihrer organischen Einschlüsse, der öftere Wechsel von Meeres- und Süßwasserablagerungen beweisen, daß auch in der animalischen Natur Umgestaltungen vor sich gingen, welche mit den chemischen Veränderungen des Fluidums, woraus sich die Gesteine niederschlugen, correspondierten, und

diese Veränderungen waren von Irruptionen und Rückzügen des Ozeans begleitet. Daß solche Katastrophen plötzlich eintraten und sich nicht allmählich vorbereiteten, geht nach Cuvier aus dem Vorkommen von Cadavern von Säugethieren im Boden Sibiriens, sowie aus den Geröll- und Schuttanhäufungen hervor, welche zwischen den festen Gesteinslagern eingeschaltet sind und eine stürmische Bewegung der ehemaligen Gewässer bekunden. Der Entwickelungsgang des organischen Lebens war also häufig durch fürchterliche Katastrophen gestört, die sich anfänglich wohl über die ganze Erdoberfläche erstreckten, später aber eine weniger allgemeine Verbreitung besaßen. Zahllose Lebewesen fielen solchen Katastrophen zum Opfer; sie sind für immer erloschen und hinterließen nur „einige, kaum für den Naturforscher erkennbare Ueberreste". Die höchsten Gebirge bestehen, wie Pallas und Saussure gezeigt, aus meist steil aufgerichteten, versteinerungsfreien krystallinischen Urgesteinen, welche von den secundären Ablagerungen bedeckt werden und darum älter sind als jene. Auch diese, vor der Existenz lebender Wesen aus einem Fluidum ausgeschiedenen Gebirge haben, wie ihre Anordnung zeigt, große Revolutionen durchgemacht. Eine Prüfung der Kräfte, welche noch heute verändernd auf die Erdoberfläche einwirken, führt Cuvier zum Schluß, daß dieselben nicht ausreichen, um jene Erscheinungen hervorzurufen. Die jetzigen Wirkungen von Eis und Schnee, der fließenden Gewässer und des Ozeans, der Vulkane und der astronomischen Einflüsse werden erörtert, um zu zeigen, daß daraus weder die früheren noch der gegenwärtige Zustand der Erde erklärt werden könne. Die Nothwendigkeit, andere als die jetzt thätigen Ursachen aufzusuchen, veranlaßte die Geologen allerdings zu den seltsamsten Widersprüchen und Voraussetzungen, wie dies an einem geschichtlichen Ueberblick der zahlreichen älteren und neueren Theorien und Systeme über Erdentstehung und Erdentwickelung gezeigt wird. Cuvier erkennt die großen Verdienste Saussure's und Werner's um die Ausbildung der mineralogischen Geologie an, beklagt aber die geringe Beachtung, welche sie und die meisten ihrer Zeitgenossen den Versteinerungen und deren Vertheilung in den Erdschichten schenkten. Und doch gewährten gerade die versteinerten Ueberreste von Thieren und Pflanzen den sichersten Aufschluß über die Entstehung der Gesteine, über die Fluida, aus denen sie sich absetzten, über die Zahl und Reihenfolge der Revolutionen, welche unsere Erde durchgemacht hat, kurz über

die wichtigsten Fragen der Geologie. Cuvier betont darum auf das Nachdrücklichste die große Wichtigkeit der fossilen Organismen für die Erdgeschichte im Ganzen und die Geschichte der organischen Schöpfung im Speciellen. Ganz besonders werthvoll für die Entscheidung des Eintrittes und der Zahl gewisser Katastrophen, sowie für die Bestimmung früherer Zustände der Erde sind nach Cuvier die Ueberreste der Vierfüßler. Bei diesen läßt sich auch die Frage, ob sie von ausgestorbenen oder noch lebenden Gattungen und Arten herrühren, mit weit größerer Sicherheit entscheiden als bei niederen Thieren, weil die verschiedenen Welttheile mit hinreichender Genauigkeit in Bezug auf ihren Gehalt an größeren vierfüßigen Landthieren bekannt sind, ja sogar, wie Cuvier durch zahlreiche historische Belege nachweist, schon im Alterthum ziemlich genau erforscht waren, so daß wenig Aussicht vorhanden ist, noch neue Arten von größeren Landbewohnern zu entdecken. Der unvollkommene Erhaltungszustand der Landthiere, die Seltenheit ganzer Skelete und die häufig fragmentarische Beschaffenheit der Knochen und Zähne stellt allerdings der genauen Bestimmung von Vertebraten große Schwierigkeiten entgegen. Cuvier weist jedoch nach, daß mit Hilfe des von ihm aufgestellten Gesetzes der Correlation, wonach alle einzelnen Theile eines Organismus zu einander in einer gesetzmäßigen morphologischen Wechselbeziehung stehen und sich nicht verändern können, ohne daß alle übrigen Theile eine entsprechende Umgestaltung erleiden, die sichere Bestimmung und Reconstruction der fossilen Säugethiergattungen möglich sei. Cuvier gibt sodann eine Uebersicht der Resultate seiner Untersuchungen über die fossilen Knochen, zeigt, daß dieselben in Ablagerungen von verschiedenem Alter vorkommen, daß die Fische, Amphibien und Reptilien den Säugethieren vorausgegangen sind und theilweise den secundären Gebirgsbildungen angehören, daß die erloschenen Genera (Palaeotherium, Anoplotherium etc.) in älteren Schichten vorkommen, als die Formen aus noch jetzt existierenden Gattungen, und daß die wenigen von lebenden Species nicht unterscheidbaren Formen nur in den allerjüngsten Bildungen, in Flußalluvionen, alten Sümpfen, Torfmooren, Höhlen ꝛc. gefunden werden. Mit großer Entschiedenheit bekämpft der große Zoologe die Meinung, die ausgestorbenen Vierfüßler seien nur Varietäten lebender Arten, er definiert den Speciesbegriff und betont die Unwandelbarkeit der in wildem Zustande lebenden Arten. Die durch Domestication und

Zucht erzielten Raçen sind unter einander fruchtbar und bewahren stets eine Anzahl von Merkmalen, die allen natürlichen oder menschlichen Einflüssen widerstehen und die Inhaber als Genossen ein und derselben Species kennzeichnen. Mit den fossilen Knochen kommen wenigstens in Europa, Asien und Amerika nach Cuvier keine Ueberreste des Menschen vor, woraus sich mit Wahrscheinlichkeit folgern lasse, daß das Menschengeschlecht erst nach der Katastrophe, welche die jüngsten fossilen Knochen verschüttet habe, in diesen Welttheilen erschienen sei. Der heutige Zustand der Erdoberfläche kann, wie Cuvier in Uebereinstimmung mit de Luc annimmt, unmöglich sehr alt sein; sein Beginn fällt wahrscheinlich mit dem Auftreten des Menschen zusammen. Ist auch eine genaue Zeitbestimmung unmöglich, so gewähren doch die Anschwemmungen der Flüsse (Nil, Rhein, Po, Arno), das Fortschreiten der Dünen, das Anwachsen der Torfmoore und die historischen Ueberlieferungen der verschiedensten Völker Anhaltspunkte, daß die letzte große Erdrevolution vor nicht mehr als 5 bis 6000 Jahren stattfand. Durch diese Revolution wurden Theile des festen Landes, auf welchem vormals Menschen und Thiere wohnten in Abgründe versenkt, der Boden des früheren Ozeans trocken gelegt und in Festland umgewandelt. „Die wenig zahlreichen Individuen, welche jener Katastrophe entgingen, verbreiteten und vermehrten sich auf der neuen Erdoberfläche, gründeten Ansiedelungen, errichteten Denkmäler, sammelten naturhistorische Thatsachen und erdachten wissenschaftliche Systeme."

Zum Schluß macht Cuvier darauf aufmerksam, daß das Studium der secundären Gebirge kaum erst begonnen habe, daß man über die wunderbare Reihenfolge von Zoophyten und Conchylien des Meeres, von Fischen und Reptilien in denselben noch ungemein wenig wisse, und daß eine genauere Untersuchung über die Reihenfolge der Gesteine und der in denselben vorkommenden Versteinerungen nur aus wenig Gebieten vorliege; er habe zu diesem Behufe seine Untersuchungen über den geologischen Bau des Pariser Beckens mit Al. Brongniart ausgeführt, aber noch sei das Alter der Schiefer von Oeningen, des Monte Bolca, von Glarus, Eichstätt u. a. wichtigen Fundstellen nicht mit Sicherheit festgestellt. „Wie herrlich wäre es aber, wenn man die organisierten Producte der Natur in ihrer chronologischen Ordnung vor sich hätte, wie die der wichtigeren mineralischen Substanzen! Die Kenntniß der Organisation

selbst würde dadurch gewinnen; die Entwickelung des Lebens, die Aufeinanderfolge der organischen Formen, die exacte Bestimmung derjenigen, welche zuerst erschienen sind, die gleichzeitige Entstehung gewisser Arten und ihre allmähliche Zerstörung würde uns vielleicht über das Wesen des Organismus ebensoviel Belehrung verschaffen als alle Experimente, welche wir mit lebenden Organismen anstellen können."

Ueberblickt man den Inhalt dieses Discours, worin Cuvier nicht nur die Hauptergebnisse seiner bewunderungswürdigen Forschungen über fossile Wirbelthiere, sondern auch seine Anschauungen über Geologie niederlegte, so ergibt sich, daß der große Anatom nicht genügend mit den Leistungen seiner Zeitgenossen auf geologischem Gebiete vertraut war. Die Untersuchungen von Lehmann, Füchsel, Charpentier, Voigt und Heim über Thüringen, von Lasius über den Harz, die bahnbrechenden Arbeiten von William Smith über die Secundärgebirge Englands, die geistreichen Ideen von Hutton und Playfair über die Entstehung der Schichten, die Zertrümmerung ehemaliger und die Entstehung neuer Continente 2c. waren Cuvier entweder unbekannt oder wurden in ihrer Bedeutung unterschätzt. Seine Anschauungen über den Bau der Gebirge erheben sich kaum über jene von Buffon, Pallas und Saussure. Neu ist eigentlich nur die Annahme einer größeren Anzahl von Revolutionen oder Kataklysmen, wovon die älteren die gesammte Erdoberfläche in Mitleidenschaft zogen, während sich die jüngeren auf kleinere Gebiete beschränkten. Neu ist ferner die freilich in ungenügender Weise begründete Annahme, daß die Revolutionen plötzlich und unvermittelt eintraten und die vorhandenen Organismen entweder gänzlich oder theilweise vernichteten. Wenn aber Cuvier die Katastrophe, welche die Säugethierreste in das »Terrain meuble« einbettete, einer Irruption des Ozeans zuschreibt, so verkennt er vollständig die Natur dieser zum größten Theil durch Süßwasser gebildeten Ablagerungen, und ebenso steht Cuvier bezüglich des Eintritts der letzten Revolution und des Alters des Menschengeschlechts auf dem Standpunkt de Luc's und Kirwan's. Die Unveränderlichkeit der Art, die Ableugnung jedes genetischen Zusammenhangs zwischen den früheren und den jetzt lebenden Organismen sind Irrthümer, deren Ueberwindung viele Jahrzehnte in Anspruch nahm. Wenn Cuvier mit Recht auf die Wichtigkeit einer genaueren Untersuchung der secundären Gebirge hinweist, um daraus die vielfachen

Veränderungen in der Geschichte der niederen Organismen zu ermitteln, so war ihm entgangen, daß W. Smith in dieser Richtung bereits bahnbrechende Leistungen aufzuweisen hatte. Das Verdienst Cuvier's für die Erdgeschichte beruht somit nicht in seinen theoretischen Schlußfolgerungen, die im Gegentheil einen hemmenden Einfluß auf die Entwickelung der Geologie ausübten, sondern in seinen bewunderungswürdigen Leistungen auf dem Gebiete der Paläontologie der Wirbelthiere; in der Begründung einer wissenschaftlichen Methode zur Bestimmung fossiler Knochen und in dem sicheren Nachweis, daß die urweltlichen Säugethiere nicht als Varietäten von noch jetzt lebenden Formen zu betrachten sind, sondern zu ausgestorbenen Arten und Gattungen gehören. Aber auch manche seiner Irrthümer haben sich als fruchtbar erwiesen, indem sie zur schärferen Bestimmung der Versteinerungen aus verschiedenen, durch vermeintliche Revolutionen getrennten Ablagerungen aufforderten und dadurch die Unterscheidung der Formationen durch paläontologische Merkmale erleichterten. Wie Buffon zwei Dezennien vorher, so führte auch Cuvier durch das Ansehen seiner Persönlichkeit der Geologie zahlreiche Freunde zu und übte, obwohl er lediglich auf paläontologischem und stratigraphischem Gebiete schöpferisch thätig war und bezüglich seiner allgemeinen geologischen Anschauungen vielfach einen veralteten Standpunkt einnahm, dennoch einen tiefgreifenden Einfluß auf die Entwickelung der Geologie und Paläontologie aus. Die Wichtigkeit der Versteinerungen sowohl für die Erdgeschichte, als auch für das Verständniß der verschiedenen thierischen Baupläne und für die Entwickelung der ganzen organischen Schöpfung ist vor Cuvier niemals so energisch hervorgehoben worden, und der Enthusiasmus, mit welchem man sich in den folgenden Dezennien gerade der Durchforschung von versteinerungsführenden Ablagerungen und dem Studium der fossilen Organismen widmete, ist nicht zum geringen Theil der Anregung Cuvier's zuzuschreiben.

Daß die Katastrophentheorie, welche der Sintfluthsage eine gewisse wissenschaftliche Begründung verlieh, namentlich in England, wo theologische Vorurtheile von jeher die geologischen Anschauungen beeinflußten, beifällig aufgenommen wurde, kann nicht verwundern. Unter den englischen Geologen, welche in der mosaischen Sintfluth die letzte große Erdkatastrophe anerkennen, findet man die angesehenen Namen von Greenough, Conybeare, Babbage, Sedgwick u. A. Der

streitbarste Vertreter dieser Partei ist der schon mehrfach vorgenannte Oxforder Professor W. Buckland. In einem besonderen, für die Kenntniß der Höhlen und deren Inhalt an fossilen Säugethieren grundlegenden Werk[185]) weist Buckland nach, daß die Mehrzahl der theils erloschenen, theils noch jetzt lebenden Arten angehörigen Reste von Landsäugethieren in den Höhlen von England und des Continentes, sowie in Felsspalten des Mittelmeergebietes mit den aus oberflächlichen Kies- und Lehmablagerungen bekannten übereinstimmen. In der weiten Verbreitung dieser Sedimentgebilde, wovon die älteren mit großer Schärfe unter der Bezeichnung Diluvium von den modernen Absätzen unserer Gewässer unterschieden werden, findet Buckland den Beweis einer vor wenigen Jahrtausenden eingetretenen universellen Fluth und somit also auch eine Bestätigung des mosaischen Berichtes.

Lehr- und Handbücher der Geognosie und Geologie.

Die in der Periode von 1790 bis 1820 erschienenen Lehr- und Handbücher der Geognosie unterscheiden sich großentheils durch ihre nüchterne, thatsächliche Behandlung des Stoffes vortheilhaft von den meist speculativen Werken der vorhergehenden Periode. Sie verdienen als Urkunden über den damaligen Zustand unserer Wissenschaft und der in den verschiedenen Ländern Europas herrschenden Anschauungen speciellere Erwähnung.

In Deutschland war der Einfluß von A. G. Werner so übermächtig, daß alle Lehrbücher in den zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts fast unbedingt seiner Lehre folgten. In der Regel findet man Mineralogie und Geognosie in den größeren Compendien vereinigt, doch wurde die Geognosie auch in einer Anzahl selbständiger Werke gesondert behandelt. Die erste, allerdings in einigen wichtigen Fragen (Basalt, Vulkanismus) von Werner abweichende Darstellung des Werner'schen Systems enthält Voigt's praktische Gebirgskunde (Weimar 1792), auf welche sich der Hauptsache nach die seiner Zeit weitverbreiteten mineralogischen Tabellen von Dietr. L. G. Karsten (1800) stützen. J. G. Lenz (1796—1800) und L. A. Emmerling (1797) geben in ihren Lehrbüchern der Mineralogie anhangsweise auch eine Uebersicht der Werner'schen Geognosie. Von sonstigen Werken, die ausnahmslos die Werner'schen Lehren vertreten, sind zu nennen: Meider, Uebersetzung der Jameson'schen Reisen durch Schottland

(1802); Brunner Joh., Handbuch der Geognosie (1803); Ludwig Ch. Fr., Handbuch der Mineralogie (2. Theil 1804); Haberle C. Const., Gebirgskunde (1807); Schreiber Chr., Grundriß der Geognosie (1809); Reichetzer Fr., Anleitung zur Geognosie (1812); Schubert G. H., Handbuch der Geognosie (1813); Richter C. Fr., Taschenbuch für Geognosie (1818). Am vollständigsten und zuverlässigsten dürfte das große Lehrbuch der Mineralogie von Fr. Ambros Reuß (Leipzig 1801—1806), in welchem sechs Bände die Mineralogie, zwei die Geologie behandeln, die Werner'sche Lehre wiedergeben. Der erste Band der Geognosie dieses gelehrten und an eigenen Beobachtungen reichen Werkes beginnt mit einer kurzen Einleitung über Begriff und Aufgabe der Geognosie und Methode des geognostischen Studiums. Darauf folgt ein Abschnitt mit Betrachtungen über die Erde als Ganzes und deren Verhältniß zu den übrigen Weltkörpern und einer Auseinandersetzung der wichtigsten einschlägigen Thatsachen aus der Astronomie und mathematischen Geographie. Ein zweiter Abschnitt beschäftigt sich mit der Beschreibung oder Physiographie der jetzigen Beschaffenheit der Erdoberfläche (Luft, Wasser, Festland, Meer, Gebirge, Ebenen 2c.), sowie mit den Veränderungen, welche durch Atmosphäre, Wasser, Eis, Vulkane, Erdbrände und Meteore auf derselben verursacht werden. Der dritte Abschnitt behandelt die feste Erdkruste, die Gebirgsarten nach ihrer Zusammensetzung und Struktur, die Lagerung, das verschiedene Alter und die Entstehung der Gesteine, die Erdrevolutionen und die Hypothesen über Erdentstehung und Erdentwickelung. Die Gesteine werden in fünf Formationssuiten: Urgebirge, Uebergangsgebirge, Flötzgebirge, aufgeschwemmtes Land und vulkanisches Gebirge eingetheilt. Der vierte Abschnitt enthält eine sehr ausführliche Beschreibung der allgemeinen Lagerstätten, d. h. der auf weiteren Gebieten verbreiteten Gebirgsmassen. Dieselben werden in der Reihenfolge der Formationssuiten aufgezählt und jeweils nach ihrer Zusammensetzung und Textur, Schichtung, Lagerung, Absonderung, Alter, Entstehung, Vorkommen, Erzführung, Gehalt an Versteinerungen, Uebergang und Gebrauch genau beschrieben. Mit einem Abschnitt über die besonderen Lagerstätten schließt das Werk.

Wie man sieht, berücksichtigte die Werner'sche Schule bereits die meisten Fragen, welche jetzt unter den Begriffen Physiographie der Erde, dynamische Geologie, Petrographie, Petrogenie, Geogonie

und Tektonik in den modernen Lehrbüchern der Geologie behandelt werden. Nur die jetzige Formationenlehre unterscheidet sich wesentlich von der Werner'schen Lehre der allgemeinen und besonderen Lagerstätten. Während gegenwärtig das Hauptgewicht auf die genaue chronologische Reihenfolge der verschiedenen Gesteine und Ablagerungen gelegt wird und die Versteinerungen zur Altersbestimmung der Sedimentgesteine in erster Linie benützt werden, begnügte sich die Werner'sche Schule mit einer ungefähren Altersbestimmung der Lagerstätte, verzichtete auf eine speciellere chronologische Gliederung der fünf Formationssuiten und zog die Entwickelungsgeschichte der organischen Schöpfung, welche sich aus dem Studium der Versteinerungen ergibt, kaum in den Bereich ihrer Forschung.

In Frankreich suchten drei ausgezeichnete Schüler Werner's die Lehre ihres Meisters zur Anerkennung zu bringen. Brochant de Villiers in seinem Traité élémentaire de Géologie (1800); A. H. de Bonnard in einem Aperçu géognostique des Terrains (Annales des Mines 1819) und d'Aubisson de Voisins*) in seinem durch Klarheit und Eleganz der Darstellung berühmten Traité de Géognosie (Strasbourg et Paris 1819. 2 Bände), wovon 1828 eine zweite Auflage erschien. Neben dem großen Handbuch von Fr. A. Reuß dürfte das d'Aubisson'sche Werk wohl am getreuesten den geistigen Inhalt der Werner'schen Vorlesungen wiederspiegeln. In der ganzen Eintheilung des Stoffes stimmen beide Autoren überein, nur die Beispiele entnimmt d'Aubisson vorzugsweise der französischen Literatur. Bei der Beschreibung der Gesteine sind die Arbeiten von Hauy, Dolomieu, Cordier, Al. Brongniart und Faujas de Saint-Fond berücksichtigt und vielfach durch eigene Untersuchungen des Verfassers ergänzt. Die Formationenlehre schließt sich für das Urgebirge, Uebergangs- und Secundärgebirge eng an Werner an. Eine Reihe von Irrthümern, wie die Vereinigung von Alpenkalk, Jurakalk der Schweiz und Süddeutschlands, Magnesian limestone und Liaskalk in England und deutschem Zechstein in der Formation des älteren secundären Kalkgebirges, die Parallelisierung der jurassischen Kalkablagerungen von Frankreich, des Forest

*) Jean François d'Aubisson de Voisins, geboren 1869 in Toulouse, studierte von 1797 bis 1802 in Freiberg und schloß sich daselbst enge an Werner an; wurde später Ingénieur en chef des mines und Mitglied des Institut; starb 1841 in Toulouse.

marble, Cornbrash und Portlandstone in England, des lithographischen Schiefers von Solnhofen und Eichstätt und der Fischschiefer des Monte Bolca mit dem Muschelkalk theilt d'Aubisson mit der Mehrzahl der Werner'schen Schüler. Eine wesentliche Abweichung von der Werner'schen Eintheilung beruht in der Einschaltung eines Terrain tertiaire zwischen dem Secundärgebirge und dem aufgeschwemmten Land. Die von Brongniart und Cuvier in so trefflicher Weise untersuchten Ablagerungen des Pariser Beckens, die Faluns der Touraine, die von Omalius d'Halloy im nordöstlichen Frankreich, in Belgien und bei Mainz studierten Bildungen, der Londonclay von England, die sandigen, mergeligen und thonigen Schichten der Insel Wight, welche Webster als gleichaltrig mit denen des Pariser Beckens erkannt hatte; die versteinerungsreichen Gypsmergel von Aix in der Provence, der schieferige Kalkmergel von Oeningen, die Süßwasserbildungen der Auvergne, Provence, Languedoc, Pyrenäen, von Spanien und Württemberg; die Braunkohlen und Lignite in Frankreich, Deutschland und England bilden nach d'Aubisson das Tertiärgebirge, in welchem übrigens eine speciellere chronologische Gliederung ebenso wenig angestrebt wird als in den älteren Formationssuiten. Unter den vulkanischen Gesteinen zählt d'Aubisson auch den Basalt auf, dem er früher unter Werner's Einfluß einen wässerigen Ursprung zugeschrieben hatte. Die in den verschiedenen Formationen vorkommenden Versteinerungen werden zwar mit Sorgfalt aufgezählt und namentlich die paläontologischen Forschungen Brongniart's und Cuvier's berücksichtigt, allein zur Aufstellung einer chronologischen Gliederung der verschiedenen Formationen werden sie nirgends verwendet, obwohl dem Verfasser die Untersuchungen William Smith's und Al. Brongniart's wohl bekannt waren.

Das treffliche Werk von d'Aubisson de Voisins ist das einzige in Frankreich, welches die Bezeichnung eines Hand- oder Lehrbuchs verdient; eine Reihe von anderen Werken, wie die von de la Métherie, Alex. Bertrand, de Luc befassen sich vornehmlich, wie Buffon's Époques de la nature mit theoretischen Speculationen über Erdentstehung und Fragen aus der Physiographie und Dynamik der Erde, oder sie behandeln wie Faujas de Saint-Fond's Essai de Géologie nur einzelne Zweige der Geologie (Versteinerungskunde, Petrographie und Vulkanlehre).

In Großbritannien suchte der Schotte Rob. Jameson in einem Werke Elements of Geognosy or the geological System of Werner (1808) die Werner'schen Anschauungen zur Geltung zu bringen, konnte jedoch gegen die durch Hutton, Playfair und William Smith angebahnte Richtung nicht durchdringen. Robert Bakewell nimmt in seinem gut stilisierten und leicht verständlichen Lehrbuch[186]), von dem fünf Auflagen erschienen, einen vermittelnden Standpunkt ein. In der Behandlung des Stoffes schließt er sich vielfach an die Werner'sche Methode an, neigt aber in theoretischen Fragen weit mehr nach der Hutton'schen Seite. Sein weit verbreitetes Buch gewährt eine übersichtliche Darstellung der geologischen Verhältnisse Englands und enthält mancherlei neue Beobachtungen. Auf William Smith's Untersuchungen nimmt Bakewell keine Rücksicht; der Name dieses Forschers ist selbst in der letzten im Jahr 1838 erschienenen Auflage nicht einmal erwähnt, während den Verdiensten anderer zeitgenössischer Geologen gebührende Anerkennung gezollt wird. Bakewell verhält sich gegen die Altersbestimmung der Strata durch Versteinerungen ablehnend.

Die Introduzione alla Geologia (1811) von Scipio Breislak erhielt durch eine französische und eine deutsche Uebersetzung[187]) eine weite Verbreitung. Im ersten Band bekämpft der italienische Geologe die neptunistische Lehre und sucht seine eigene Erdtheorie (vgl. S. 113) zu begründen, wonach unser Planet sich ursprünglich in feurig flüssigem Zustand befand und durch allmähliche Abkühlung eine feste Rinde aus Urgesteinen (Granit, Gneiß, Schiefer, Porphyr, Trapp, Serpentin rc.) erhielt. Die verschiedenen primären Gesteine werden nach ihrer Zusammensetzung, Structur, Lagerung und insbesondere nach ihrer Entstehung ausführlich und mit großer Sachkenntniß erörtert. Im zweiten Band sind zuerst die unter Mitwirkung des Wassers entstandenen Gesteine (Uebergangs- und Flötzgebirge) im Wesentlichen nach Reuß ziemlich kurz geschildert; darauf folgen etwas wunderliche Hypothesen über Entstehung von Gebirgen und Thälern. Breislak bestreitet, daß Gebirge durch Einfluß der Erdrotation oder durch vulkanische Kräfte gebildet werden können; aber ebenso wenig könne ihre Entstehung der Aufrichtung oder Umkehrung bereits erhärteter und ehemals horizontaler Schichten zugeschrieben werden. Er nimmt darum an, daß sich während der Abkühlung des anfänglich feurig flüssigen Erdballs an der Oberfläche zuerst die verschiedenen Schichten

der Urgesteine bildeten. Bei der Fortpflanzung der Abkühlung nach Innen entwickelten sich durch Verbindung des Wärmestoffs mit den festen Grundstoffen Gasarten, welche ihre Richtung gegen die noch weiche Oberfläche nahmen, Theile derselben emporhoben, welche nach ihrer Abkühlung diejenige Lage behielten, die ihnen durch die empordringenden Gasarten gegeben war.

Nach diesem Versuch, die Entstehung von Gebirgen und Thälern mit der „Wärmestofftheorie" in Einklang zu bringen, beschäftigt sich Breislak in nicht glücklicherer Weise mit der Entstehung von Erzgängen und Lagerstätten nutzbarer Mineralien. Ein kurzer Abriß der Versteinerungskunde im sechsten Buch des zweiten Bandes ist von umständlichen Betrachtungen über das Vorkommen und die Vertheilung der organischen Ueberreste, über Veränderungen im Klima, in der Beschaffenheit des Meerwassers, über den in der Urzeit öfters eingetretenen Wechsel in der Vertheilung von Festland und Meer begleitet. Breislak nimmt in letzterer Hinsicht im Wesentlichen den Standpunkt de Luc's ein, wonach die Veränderungen der Meere mit gewaltigen Einbrüchen von Hohlräumen in der Erdkruste in Verbindung stehen. Der dritte Band des Breislak'schen Werkes beschäftigt sich ausschließlich mit Vulkanen und vulkanischen Producten. Als Ursache der vulkanischen Erscheinungen erklärt der italienische Geologe das in den Erdschichten verbreitete flüssige Bitumen oder Bergöl. Abgesehen von dieser verunglückten Theorie enthält dieser Theil der Breislak'schen Geologie eine Menge werthvoller Beobachtungen über die Thätigkeit der Vulkane, über vulkanische Dämpfe, Auswurfsproducte, Lava ꝛc., sowie im Anschluß an die thätigen Vulkane eine ausführliche Erörterung über den Basalt und diejenigen vulkanischen Producte, welche von Werner nicht als solche anerkannt wurden.

Das Breislak'sche Werk vertritt einen wesentlich anderen Standpunkt als die Lehrbücher der Werner'schen Schule. Während jene einen Ueberblick des thatsächlichen Wissens zu geben versuchen, ist Breislak hauptsächlich bestrebt, die geologischen Erscheinungen zu erklären. Bei aller Anerkennung dieser Tendenz zeigt sich aber, daß weder Geologie und Paläontologie, noch Physik und Chemie in damaliger Zeit so ausgebildet waren, um die Probleme zu lösen, mit denen sich Breislak häufig in scharfsinniger, aber meist wenig glücklicher Weise beschäftigt.

Anmerkungen zur 3. Periode.

[1]) Conjectures concerning the cause and phenomena of the earthquakes. Philos. Transactions vol. LI. 1760.

[2]) Saussure H. B. de. Voyage dans les Alpes. vol. I–IV. Genève et Neuchâtel 1779—1796. 2. Auflage in 8 Bänden. 1796—1803.

[3]) Abhandlungen der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften 1786 und als besondere Schrift 1787. Dresden.

[4]) Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau, besonders den Freibergischen. Freiberg 1791 (ins Französische übersetzt von d'Aubisson de Voisins 1802).

[5]) Allgemeine Betrachtungen über die festen Erdkörper. Schriften der mineralogischen Gesellschaft in Dresden. Bd. I.

[6]) Neue Entdeckung am Scheibenberger Hügel. Intelligenz-Blatt der Jenaer Literatur-Zeitung. October 1788. 57. Stück.

[7]) ibidem. November 1788. 60. Stück.

[8]) Die Werner'schen Antworten erfolgten im Bergmännischen Journal 1788 und 1789, die Voigt'schen Repliken in dessen mineralogisch-bergmännischen Abhandlungen. Bd. II. 1789

[9]) Höpfner's Magazin für Naturkunde Helvetiens 1789. IV.

[10]) Bruhns Karl. Alexander v. Humboldt, eine wissenschaftliche Biographie. Leipzig 1872. 3 Bände.

[11]) Fragment de Géologie et de Climatologie Asiatique 1831. 2 Bände.

[12]) Die Abhandlung ›Theory of the Earth or an investigation of the laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe‹ wurde 1788 im 1. Band der Transactions of the Royal Society of Edinburgh veröffentlicht.

[13]) Theory of the Earth. Edinburgh 1795. 2 Bände.

[14]) Nicholson's Journal Nr. 38. April 1800 (auch in Gilbert's Annalen VII abgedruckt). Transactions of the Royal Soc. Edinburgh 1805. V. p. 43 und vol. VI. p. 71.

[15]) Bibliothèque Britannique 1806. No. 249 und Moll's Ephemeriden 1808. IV. S. 127.

[16]) Philos. Trans. 1804. t. II. und Bibliothèque Britannique 1805. No. 235.

[17]) Journal de Physique 1805. S. 409.

[18]) Illustration of the Huttonian Theory. 1802 (übersetzt ins Französische von C. A. Basset. 1815).

[19]) Kirwan. Geological Essays. 1799.

[20]) de Luc J. A. Lettres sur l'histoire de la Terre. Lettres sur quelques parties de la Suisse. La Haye 1778.

[21]) Lettres physiques et morales sur l'histoire de la Terre et de l'Homme. 5 Bände. La Haye und Paris 1779.

[22]) Lettres sur l'histoire physique de la terre adressées à M. Blumenbach 1798.

[23]) Monthly Review 1890 und 1891.

[24]) De la Métherie's Hauptwerk »Théorie de Terre« Paris 1795. 3 Bände. Die zweite Auflage (1797) enthält in den zwei ersten Bänden eine Mineralogie, im dritten Physik der Erde und in den zwei letzten die speciellere Ausführung seiner Theorie.

[25]) Nouveaux Principes de Géologie. Paris 1797.

[26]) Ballenstedt J. G. J. Die Urwelt oder Beweis von dem Dasein und Untergang von mehr als einer Vorwelt. Quedlinburg und Leipzig 1818.

[27]) Steffens H. Beiträge zur inneren Naturgeschichte der Erde. Freiberg 1801.

[28]) Lehrbuch der Geologie, übersetzt von Strombeck. Braunschweig 1819. Band 1.

[29]) Faujas de Saint-Fond. Essai sur l'histoire naturelle des Roches de Trapp. Paris 1788.

[30]) Journal des Mines 1813 (Essai de classification minéralogique des roches melangées).

[31]) Journal de Physique 1816.

[32]) Mémoires sur les Basaltes de Saxe. Paris 1803.

[33]) Journal de Physique. Tome 58.

[34]) Ueber die Vulkane älterer und neuerer Zeit. Mannheim 1791.

[35]) Keferstein Ch. Beiträge zur Geschichte und Kenntniß des Basaltes und der ihm verwandten Massen. Halle 1819.

[36]) Fichtel J. E. v. Beitrag zur Mineralgeschichte von Siebenbürgen. Nürnberg 1780. 2 Bände.

[37]) Mineralogische Reisen durch das Herzogthum Weimar und Eisenach und einige angrenzende Gegenden, in Briefen. 2 Bände. Weimar 1781 und 1785.

[38]) Mineralogische Reise nach den Braunkohlenwerken und Basalten in Hessen, wie auch nach den Schieferkohlenwerken des Unterharzes. Weimar 1802.

[39]) Versuch einer Geschichte der Steinkohlen, der Braunkohlen und des Torfs. 2 Bände. Weimar 1802—1805.

[40]) Geologische Beschreibung des Thüringer Waldes in drei Theilen (der zweite Theil in fünf Abtheilungen). Meiningen 1796—1812.

[41]) Ueber die Bildung der Thäler. Voigt's mineralogische und bergmännische Abhandlungen. Bd. III. Weimar 1791.

[42]) Cramer J. A. Physische Briefe über Hildesheim und dessen Gegend. Hildesheim 1792.

[43]) Langer J. H. S. Beitrag zu einer mineralogischen Geschichte der Hochstifter Paderborn und Hildesheim. Leipzig 1789.

[44]) Hausmann L. Oryctographie des Harzes. Hercynisches Archiv 1805 und in Hausmann's norddeutschen Beiträgen zur Berg- und Hüttenkunde 1806.

[45]) Gerhard M. Observations physiques et minéralogiques sur les Montagnes de la Silésie. Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale. Berlin 1771.

[46]) Karsten D. L. G. Geognostische Beobachtungen auf einer Reise in Schlesien. Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde. Berlin 1795.

[47]) Erschienen im 1. Band der „Geognostischen Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien". Berlin 1802.

[48]) Raumer C. v. Geognostische Fragmente. Nürnberg 1811.

[49]) Moll's Annalen III. 1805.

[50]) Flurl Mathias. Beschreibung der Gebirge von Bayern und der oberen Pfalz. München 1792.

[51]) Helfrecht J. Th. B. Das Fichtelgebirge. 2 Bände. 1799—1800.

[52]) Goldfuß A. und Bischof G. Physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirges. Nürnberg 1817.

[53]) Voith Ign. in Moll's Ephemeriden V. 1809.

[54]) Goldfuß G. A. Die Umgebungen von Muggendorf. Erlangen 1810.

[55]) Rosenmüller J. Ch. Die Merkwürdigkeiten der Gegend von Muggendorf. Berlin 1804.

[56]) Struve H. H. Mineralogische Beiträge vorzüglich in Hinsicht auf Würtemberg und den Schwarzwald. Gotha 1807.

[57]) Rösler G. F. Beiträge zur Naturgeschichte des Fürstenthums Würtemberg. 1788.

[58]) Rozier. Journal de Physique. 1783. vol. XXIII.

[59]) ibid. 1794. vol. XLIV.

[60]) Beroldingen Fr. v. Reise durch die Pfälzischen und Zweybrückschen Quecksilber-Bergwerke. Berlin 1788.

[61]) Klipstein P. E. Mineralogischer Briefwechsel und andere Aufsätze für Freunde der Bergwissenschaften. 2 Bände. Gießen 1781 u. 82.

[62]) Rieß J. Ph. Mineralogisch-bergmännische Betrachtungen über einige hessische Gebirgsgegenden. Mit Anmerkungen von L. G. Karsten. Berlin 1791.

[63]) Becher J. L. Mineralogische Beschreibung des Oranien-Nassauischen Landes nebst einer Geschichte des Siegenschen Hütten- und Hammerwesens. Marburg 1789.

[64]) Jordan J. L. Mineralogische, berg- und hüttenmännische Reisebemerkungen, vorzüglich in Hessen, Thüringen, am Rheine und im Sege-Altkirchner Gebiete. Göttingen 1803.

[65]) Nose C. W. Orographische Briefe über das Siebengebirge und die benachbarten zum Theil vulkanischen Gegenden beider Ufer des Niederrheins. 2 vol. Frankfurt 1789 u. 90. — Orographische Briefe über das Sauerländische Gebirge in Westfalen nebst Nachträgen zu den niederrheinischen und westfälischen Reisen. Frankfurt 1791.

[66]) v. Hövel. Geognostische Bemerkungen über die Grafschaft Mark. 1806.

[67]) Nöggerath. Mineralogische Studien über die Gebirge am Niederrhein. Frankfurt 1808.

[68]) Raumer Carl v. Geognostische Versuche. Nürnberg 1815.

[69]) Ein Beitrag zu einer mineralogischen Beschreibung der Karlsbader Gegend im bergmännischen Journal von Köhler und Hoffmann. Bd. II. 1792.

[70]) Zur Kenntniß der böhmischen Gebirge. Karlsbad 1807.

71) Beitrag zur Mineralgeschichte von Siebenbürgen. 2 Bände. Nürnberg 1780.

72) Mineralogische Bemerkungen von den Karpathen. 2 Bände. Wien 1791.

73) Kurze Beschreibung einer mineralogischen Reise durch Ungarn, Siebenbürgen und den Banat. Freiberg 1797.

74) Physikalisch-politische Reisen durch die dacischen und sarmatischen und nördlichen Karpathen. 4 Bände. Nürnberg 1790—1796.

75) Physikalisch-politische Reise aus den Dinarischen durch die Julischen, Carnischen, Rhätischen und die Norischen Alpen. 2 Bände. Leipzig 1785 und Reise durch die norischen Alpen. 2 Bände. Nürnberg 1791.

76) Buch Leop. v. Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien. Bd. I. 1802.

77) Vergleich des Passes über den Mont Cenis mit dem über den Brenner. Geognostische Beobachtungen auf Reisen. Bd. I. 1798.

78) Alpina I und II. 1806 und 1807.

79) Razumowsky G. de. Histoire naturelle du Jorat et de ses environs. Lausanne 1789.

80) Volta S. Ittiolitologia Veronese. Folio. 1788.

81) Gioeni G. Saggio di Litologia Vesuviana. Napoli 1790 (ins Deutsche übersetzt von Fichtel 1793).

82) Viaggi alle due Sicilie e in alcune parti dell' Apennino. 6 vol. Pavia 1792—1797.

83) l. c. vol. III. cap. XXI.

84) l. c. vol. IV. cap. XXIII.

85) Breislak Scipione. Voyages physiques et lythologiques dans la Campanie, suivis d'un Mémoire sur la constitution physique de Rome. Edition française en 2 vol. Paris 1801. Ins Deutsche übersetzt von F. A. Reuß 1802.

86) Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde 1801 und nochmals abgedruckt im zweiten Band der geognostischen Beobachtungen auf Reisen. Berlin 1809.

87) Sur la formation de la Leucite. Journal de Physique von Delamétherie 1799 t. 49. p. 262—270 (abgedruckt in L. v. Buch's gesammelten Schriften. Bd. I. S. 109).

88) Mémoires de l'Académie royale des Sc. 1774 u. 1775. Mémoires de l'Institut des Sc. math. et phys. 1806. tome VI.

89) Essai sur la théorie des Volcans d'Auvergne. Paris 1789. (2. Aufl. Riom et Clermont 1802.)

90) Das Montlosier'sche Werk enthält auch treffliche Bemerkungen über die Ausfurchung der Thäler durch fließende Gewässer.

91) Die an D. G. Karsten gerichteten Briefe aus der Auvergne wurden 1806 gedruckt und 1809 im 2. Band der geognostischen Beobachtungen auf Reisen veröffentlicht.

92) Palassou. Essai sur la Minéralogie des Monts Pyrenées. Paris 1782. 4°.

[93]) Picot de Lapeirouse. Description de plusieurs espèces nouvelles d'Orthocératites et d'Ostracites. Erlangen 1781. Folio mit 12 Tafeln.

[94]) Gensanne de. Histoire naturelle de la Province du Languedoc. Montpellier 1776—79. 5 vol.

[95]) A. Boissier de Sauvage. Observations de Lithologie pour servir à l'histoire naturelle du Languedoc et à la théorie de la Terre. Mém. de l'Acad. des Sciences. Paris 1755—56.

[96]) Faujas de Saint-Fond. Histoire naturelle de la Province de Dauphiné. Grenoble 1781.

[97]) Brochant de Villiers. Journal des Mines 1808. vol. XXIII.

[98]) Réaumur de. Mémoires de l'Académie royale des Sciences. Paris 1720. p. 400.

[99]) Journ. d'Hist. natur. vol. II. p. 34.

[100]) Journal de Physique 1782. 83. vol. XIX u. XXII.

[101]) Mém. Aad. Roy. des Sciences 1789. p. 350.

[102]) Journ. de Physique 1804—1806. vol. LIX u. LXIII.

[103]) Journal des Mines 1808. vol. XXIII. p. 421—458 und Annales du Museum 1808. vol. XI.

[104]) Raumer und Engelhardt. Geognostische Versuche. Berlin 1815.

[105]) Annales du Museum d'histoire naturelle. Paris 1810. vol. XV. S. 357.

[106]) ibid. 1809. vol. XIV. S. 426. — 1810. vol. XV. S. 406.

[107]) Journal des Mines 1812. vol. XXXII.

[108]) Essai sur la Géologie du Nord de la France. Journal des Mines 1808. vol. XXIV.

[109]) Étendue géographique des Terrains des environs de Paris. Annales des Mines 1816. vol. I. p. 231.

[110]) Mémoires de l'Académie de Bruxelles 1777. vol. I. p. 95.

[111]) Mémoires de l'Académie de Bruxelles 1780. vol. VIII.

[112]) Oryctographie de Bruxelles. Bruxelles 1784 mit 32 color. Tafeln.

[113]) Faujas de Saint-Fond. Histoire naturelle de la Montagne de Saint-Pierre, près Maestricht. Paris 1799. Folio mit 54 Tafeln.

[114]) Philosophical Transactions 1786.

[115]) Torrubia P. F. Jos. Aparato para la Historia natural Española. Madrid 1754; ins Deutsche übersetzt und mit Zusätzen versehen von Ch. G. v. Murr. Halle 1773.

[116]) Philosophical Transactions 1766 und Introducion a la historia y a la geogr. fis. de España. 1775.

[117]) Observaciones sobre la historia natural, geographia, agricultura del reyno de Valencia. Madrid 1795. 2 vol.

[118]) Philosophical Transactions 1760. vol. 51. pt. II.

[119]) Natural History of the Mineral Kingdom. 2 Bände. 1789.

[120]) Inquiry into the Original state and formation of the Earth. 1778.

[121]) A geological Map of England and Wales, with Part of Scotland; exhibiting the Colleries, Mines, and Canal, the Marshes and Fen Lands

originally overflowed by the Sea; and the Variety of Soil, according to the Variations of the Substrata etc. by William Smith, Mineral Surveyor. London 1813—1815.

[122]) Smith William. Strata identified by organized fossils containing prints of the most characteristic specimens in each stratum. London 1816—1819. 4 Hefte in 4° (unvollendet).

[123]) Phillips William. A selection of facts from the best authorities, arranged so as to form an outline of the Geology of England and Wales. London 1818.

[124]) Farey. General view of the Agricultur and minerals of Derbyshire 1815. 3 vol.

[125]) Webster Thomas. On the Freshwater formations of the Isle of Wright. Trans. Geol. Soc. vol. II.

[126]) Annals of Philosophy VI. 1815.

[127]) Raumer Carl v. und Engelhard M. v. Geognostische Umrisse von Frankreich, Großbritannien, einem Theil Deutschlands und Italiens 1816.

[128]) Description of the Western Islands of Scotland, including the isle of Man with Atlas and geological Map. 2 vol. London 1819.

[129]) Een Kort anledning till åtskillige malm och bergarters, mineraliers, växters och jordeslags etc. 1694.

[130]) Miscellanea observata circa res naturales 1722 und Om ratnets högd och förra veldens starcka ebb och flod 1719.

[131]) Magnus v. Bromell. Lithographiae Suecanae specimen secundum, petrificata lapidesque figuratos varios exhibens. 1727.

[132]) Carl v. Linné. Oelandska och Gotlandska Resa. Stockholm und Upsala 1756. (Deutsche Uebersetzung Leipzig 1756.)

[133]) Bergman Tobern. Physikalische Beschreibung der Erdkugel; aus dem Schwedischen übersetzt von L. H. Röhl. Greifswald 1769. 8°.

[134]) Hisinger W. Samling till en mineralogisk geografi öfver Sverige. 1790.

[135]) Samling till en Minerographie öfver Sverige. 1808 ins Deutsche übersetzt und mit Erläuterungen und Zusätzen versehen von Blöde. Freiberg 1819. Umgearbeitet und nach dem Manuscript des Verfassers ins Deutsche übersetzt von F. Wöhler. Leipzig 1826.

[136]) Pontoppidan Erich. Versuch einer natürlichen Historie von Norwegen, worinnen die Luft, Grund und Boden, Gewässer, Gewächse, Metalle, Mineralien, Steinarten ꝛc. beschrieben werden. 2 Bde. Deutsch von J. A. Scheiben. Kopenhagen 1753. 8°.

[137]) v. Buch Leop. Reise nach Norwegen und Lappland. Berlin 1810.

[138]) Hausmann F. L. Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807. 5 Bände mit Tafeln und Karten. Göttingen 1811—1818.

[139]) Vargas Bedemar. Reise durch den hohen Norden, Schweden, Norwegen und Lappland. 1819.

[140]) Mackenzie. Reisen in Island. 1802 übersetzt ins Deutsche von Reichel. Kopenhagen 1783. 8°.

[141]) Abilgaard Sören. Beschreibung von Stevens-Klint und dessen Merkwürdigkeiten. Uebersetzt ins Deutsche. Kopenhagen und Leipzig 1764. 8°. — Physikalisch-mineralogische Beschreibung des Vorgebirgs auf der Insel Möen.

[142]) Chemnitz J. H. Beschreibung von Faroe und Stevensklint. Schriften der Berliner naturforsch. Freunde III. 1773.

[143]) Engelhard M. v. Geognostische Umrisse von Finnland. 1820 mit Karte und Profilen.

[144]) Gmelin Joh. Georg. Reise durch Sibirien. 4 Theile. 1752.

[145]) Georgi Joh. Gottl. Geographisch-naturhistorische Beschreibung des russischen Reichs. 1797—1802.

[146]) Razumowsky Alex. Graf. Coup d'œil géognostique sur le Nord de l'Europe et particulièrement de la Russie. 1816.

[147]) Strangways. Outline of the Geology of Russia. Geol. Transactions. 2 ser. vol. I. 1822.

[148]) Histoire de l'Acad. r. des Sciences 1772 (gedruckt 1756).

[149]) Transactions of the American philosophical Society. Philadelphia 1809. vol VII.

[150]) Philosoph. Transactions. vol. XXIX. 1712.

[151]) Recherches sur les ossements fossiles. vol. II.

[152]) Transactions philos. Society of Philadelphia. vol. IV.

[153]) Descripcion del esqueletto de un Quadrupedo etc. Madrid 1796. fol. (1791—92.)

[154]) Humboldt Al. v. und Bonpland A. Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents. Bd. V. (1826.)

[155]) Patrin. Relation de son voyage aux monts d'Altaï. St Petersbourg 1783.

[156]) Schröter Joh. Samuel. Vollständige Einleitung in die Kenntniß und Geschichte der Steine und Versteinerungen. 4 Bände in 4°. Altenburg 1774—1784.

[157]) Blumenbach Joh. Friedr. Specimen Archaeologiae Telluris Terrarumque inprimis Hannoveranarum. Göttingae 1803 und Specimen Archaeologiae Telluris alterum Göttingae 1816.

[158]) Schlotheim E. F. v. Beschreibung merkwürdiger Kräuterabdrücke und Pflanzenversteinerungen. Ein Beitrag zur Flora der Vorwelt. Gotha 1804.

[159]) Schlotheim E. F. v. Die Petrefaktenkunde auf ihrem Standpunkt durch Beschreibung seiner Sammlung versteinerter und fossiler Ueberreste des Thier- und Pflanzenreichs der Vorwelt erläutert. Gotha 1820 mit zwei Nachträgen 1822 und 1823.

[160]) Parkinson James. Organic Remains of a former World. An examination of the mineralized remains of the vegetable and animals of the antediluvian World; generally termed extraneous fossils. London 1804—1811. 3 Bände in 4°.

[161]) Parkinson James. Outlines of Oryctology. An Introduction to the Study of fossil organic remains especially of those found in the British Strata. London 1822.

[162]) Herbarium diluvianum. Tiguri 1709. Letzte Auflage 1723.

[163]) Suckow G. Ad. Beschreibung einiger merkwürdiger Abdrücke von Art der sogenannten Calamiten. Hist. et Comment. Acad. Theodoro-Palatinae. V. 1784.

[164]) Bruckmann F. E. Specimen phys. sistens hist. nat. lapidis nummismalis Transsylvanicae. Wolfenbüttel 1727. 4°.

[165]) Gualtieri. Corporum lapidifactorum agris Veronensis Catalogus. Verona 1744.

[166]) Guettard. Mémoires sur différentes parties des Sciences. vol. II u. III. 1770.

[167]) Encyclopédie méthodique. vol. VI (Mollusques) u. vol. III. 1789.

[168]) Annales du Musée d'hist. nat. vol. V. 1804.

[169]) Soldani Ambrosius. Testaceographiae ac Zoophytographiae parva et microscopica. vol. I. Senis 1789. vol. II. 1791. Folio.

[170]) Fichtel und Moll. Testacea microscopica. Wien 1803.

[171]) Mémoires sur différentes parties des sciences et des arts. 5 vol. 1758—1783.

[172]) Linné Car. Amoenitates academicae. vol. I. 1745. (Corallia Baltica praeside Domino Carolo Linnaeo publicae censurae submittit Henricus Fougt.)

[173]) Rosinus M. R. Tentaminis de Lithozois ac Lithophytis olim marinis, jam vero subterraneis Prodromus, sive de stellis marinis, quondam nunc fossilibus Disquisitio. Hamburg 1718. 4°.

[174]) Schulze C. F. Betrachtungen der versteinerten Seesterne und ihrer Theile. Warschau und Dresden 1760. 4°.

[175]) Miller J. S. Natural history of the Crinoidea or lily-shaped animals. Bristol 1821. 4°.

[176]) Breyn Joh. Phil. Schediasma de Echinis methodice disponendis. Gedani 1732. 4°.

[177]) Reinecke J. C. M. Maris protogaei Nautilos et Argonautas vulgo Cornua Ammonis in Agro Coburgico et vicino reperiundas, descripsit et delineavit etc. Coburgi 1818.

[178]) Brander and Solander. Fossilia Hantoniensia or Hampshire fossils. London 1776.

[179]) Martin W. Petrefacta Derbiensia, or figures and descriptions of petrifications collected in Derbyshire. Wigan 1809. 4° mit 52 Tafeln.

[180]) Acta Acad. Theod. Palat. 1784. V. S. 85.

[181]) Lettres sur les os d'Éléphants et de Rhinocéros, qui se trouvent dans les pays de Hesse-Darmstadt. Darmstadt 1782. 1784. 1876. 4°.

[182]) Esper Joh. Fr. Ausführliche Nachricht von neu entdeckten Zoolithen vierfüßiger Thiere des Marggrafthums Bayreuth. Nürnberg 1774. Folio.

[183]) Rosenmüller J. Ch. Die Merkwürdigkeiten der Gegend um Muggendorf. Berlin 1804. Folio. — Abbildungen und Beschreibungen der fossilen Knochen des Höhlenbären. Weimar 1804. — Beiträge zur Geschichte und näheren Kenntniß fossiler Knochen. Leipzig 1795. 8°.

[184]) Eine deutsche Uebersetzung nach der 2. Auflage des Discours, versehen mit vielen Anmerkungen, verfaßte Jakob Nöggerath 1822 (Bonn).

[185]) Buckland W. Reliquiae diluvianae; or observationes on the organic Remains contained in Caves, Fissures and diluvial Gravel and on other Phenomena attesting the action of an universal deluge. London 1823.

[186]) Bakewell Robert. Introduction to Geology. London 1813. (5. Aufl. 1838.)

[187]) Breislak Scipio. Lehrbuch der Geologie, nach der französischen Ausgabe mit stäter Vergleichung der ersten italiänischen bearbeitet und mit Anmerkungen versehen von Fr. K. v. Strombeck. Braunschweig 1819. 2 Bände.

4. Periode.

Neuere Entwickelung der Geologie und Paläontologie.

An den grundlegenden Arbeiten am Ende des vorigen und in den ersten zwei Dezennien dieses Jahrhunderts, welche der Erdgeschichte den Eintritt in die Reihe der Naturwissenschaften verschafften, hatten sich vorwiegend in unabhängiger Lebensstellung befindliche oder in anderen Berufen thätige Männer betheiligt. Nur eine beschränkte Anzahl von den Begründern der Geologie und Paläontologie gehörten dem Lehrkörper von Hochschulen an. Im Ganzen verhielten sich namentlich die Universitäten anfänglich sehr zurückhaltend gegen die jungen Wissenschaften und gestatteten ihnen nur zögernd Aufnahme in den akademischen Unterrichtsplan. Mit diesem Schritt beginnt aber auch die moderne, überaus rasche Entwickelung der Geologie und Paläontologie und zugleich ihr schulmäßiger und professioneller Betrieb, der ganz besonders in Deutschland zu hoher Ausbildung gelangte. Ueberall wurden Sammlungen von Gesteinen und Versteinerungen angelegt, Laboratorien und Institute gegründet, um Anfänger in die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und Literatur einzuführen, zur selbständigen Forschung anzuregen und Geübteren Gelegenheit zur Durchführung eigener Arbeiten zu geben. Dadurch mehrte sich die Zahl der Mitarbeiter beträchtlich. Mit dem rasch zunehmenden Umfang der Wissenschaft und dem gewaltig anschwellenden Beobachtungsmaterial stellte sich aber auch die Nothwendigkeit der Spezialisierung ein. Anfänglich fiel die Pflege der Geologie und Paläontologie namentlich in den vom Werner'schen

Einfluß beherrschten Ländern dem Mineralogen zu; bald aber machte sich das Bedürfniß nach Selbständigkeit der beiden jüngeren Disciplinen geltend und heute werden dieselben an den meisten Hochschulen Europas von besonderen Vertretern dieser Fächer gelehrt. Durch das Erstarken der strengeren akademischen Forschungsrichtung wurden Privatgelehrte oder Angehörige des Bergfachs mehr und mehr zurückgedrängt und nur wenige hervorragende Männer, wie Leop. v. Buch, C. v. Hoff, Ch. Lyell, H. de la Beche, Murchison u. A. behaupteten ihre Führerrolle gegenüber den zünftigen Gelehrten. Nach Ablauf des zweiten Jahrzehnts dieses Jahrhunderts war die Frühlingszeit unserer Wissenschaft vorüber und die Periode abgeschlossen, wo ein Mann noch ihr Gesammtgebiet überblicken und überall in durchgreifender Weise Hand anzulegen vermochte, wo die großen Entdeckungen gewissermaßen an der Straße lagen und nur aufgehoben zu werden brauchten. An Stelle von flüchtigen und weit ausgedehnten Beobachtungen und breiten Verallgemeinerungen trat jetzt die weniger glänzende, aber in ihren Ergebnissen dauerhaftere Detailforschung. Das Teleskop des wandernden und aus der Ferne beobachtenden Geologen wurde mehr und mehr mit dem Mikroskop des akademisch vorgebildeten Spezialisten vertauscht. In der Vertiefung der Forschung in der gründlichen Lösung bestimmter, meist enger begrenzter Aufgaben beruht der rasche Fortschritt der modernen Geologie, an deren Ausbildung den höheren Lehranstalten der wesentlichste Antheil zukommt.

Unter den deutschen Universitäten nahm Berlin von jeher eine hervorragende Stellung ein; dort wirkten als Lehrer Chr. Sam. Weiß, Gustav Rose, Ehrenberg, Fr. Hoffmann, Rammelsberg, E. Beyrich, Justus Roth und eine kurze Zeit hindurch auch der Berghauptmann H. v. Dechen; neben ihnen waren Alex. v. Humboldt, Leop. v. Buch, Julius Ewald u. A. in unabhängiger Lebensstellung thätig. Im Jahre 1829 gründete C. J. B. Karsten das Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde, das bis 1855 neben dem Leonhard'schen mineralogischen Taschenbuch und dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Petrefaktenkunde als Hauptorgan für deutsche Publicationen aus den einschlägigen Disciplinen galt. Nächst L. v. Buch hat in Berlin Beyrich*) während seiner fast sechzigjährigen wissenschaftlichen Thätig-

*) Heinrich Ernst Beyrich, geboren 1815 in Berlin, erhielt seine Schulbildung im Gymnasium zum grauen Kloster und bezog schon mit 16 Jahren

keit (von 1837—1896) am stärksten auf die jüngeren Generationen von Geologen eingewirkt. Ohne besondere Rednergabe wußte er doch durch den Gehalt seiner Vorträge und sein umfassendes Wissen zu fesseln und im Laboratorium und Feld seine Schüler in seine mustergiltige Arbeitsmethode einzuführen. Eine nicht geringe Zahl theilweise noch jetzt thätiger Geologen und Paläontologen Deutschlands, wie v. Richthofen, v. Koenen, v. Seebach, Kunth, Dames, Kayser, Eck, Herm. Credner u. A. sind aus Beyrich's Schule hervorgegangen. Großes Verdienst hat sich Beyrich auch um die im December 1848 begründete deutsche geologische Gesellschaft erworben, welcher er seit ihrem Bestehen zuerst als Schriftführer, dann als Vorstand angehörte. Die Gesellschaft bildet eine Vereinigung fast aller auf dem Gebiete der Geologie in Deutschland thätigen Kräfte, ihr Sitz ist in Berlin, doch werden die allgemeinen Versammlungen in einer alljährlich wechselnden deutschen Stadt abgehalten.

Mit Berlin wetteiferte Bonn eine Zeit lang um den Vorrang. Eine glückliche Constellation vereinigte an dieser Hochschule um die Mitte dieses Jahrhunderts eine Reihe von Forschern, wie Nöggerath, Bischof, Goldfuß, Ferd. Roemer, Mohr, Gerh. vom Rath, Vogelsang, Zirkel und als Vorstand des Bergwesens H. v. Dechen. Ferdin. Roemer's Beschreibung des rheinischen Schiefergebirges und Goldfuß' Petrefacta Germaniae werden allezeit ruhmvolle Denkmäler deutschen Scharfsinns und Forscherfleißes bleiben. G. Bischof's berühmtes Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie eröffnete in origineller Weise ein neues, fast noch unbebautes Gebiet. Von Bonn ging auch die moderne Reform der Petrographie in Deutschland aus. Die bahnbrechende Bedeutung der Sorby'schen Untersuchungen über die mikroskopische Structur der felsbildenden Mineralien und Gesteine wurde von Ferd. Zirkel (jetzt in Leipzig) zuerst in ihrer vollen Wichtigkeit erkannt,

die Universität; promovierte 1837 in Berlin, wurde bald darauf als Assistent am mineralogischen Museum daselbst verwendet und erhielt 1857 die Leitung der paläontologischen Sammlung. Er wirkte zugleich als Privatdocent, dann als außerordentlicher und seit 1865 als ordentlicher Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität und Bergakademie, war 1848 Mitbegründer der deutschen geologischen Gesellschaft und neben Hauchecorne wissenschaftlicher Director der im Jahre 1873 ins Leben gerufenen preußischen geologischen Landesanstalt. Starb am 9. Juli 1896 in Berlin.

weiter ausgebildet und damit die langjährige Stagnation im Gebiete der Gesteinskunde gebrochen. Die heutige Blüthe der petrographischen Forschung ist zunächst Zirkel und später Rosenbusch und dessen Schule zuzuschreiben, welche insbesondere die Ergebnisse der Krystalloptik und Krystallphysik glücklich im Dienste der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung verwertheten.

Halle besaß in Keferstein, Germar, Girard nahmhafte Geologen, in Burmeister und Giebel schaffensfreudige Paläontologen. In Breslau entfaltete Ferd. Roemer, der beste Kenner der paläozoischen Formationen und vielleicht der glänzendste Lehrer der Mineralogie und Geologie in Deutschland eine ungemein wirksame Thätigkeit. Auch an der Universität Göttingen pulsierte zu Beginn dieses Jahrhunderts ein reges wissenschaftliches Leben. Schon Blumenbach hatte die Bedeutung der Versteinerungen für die Erdgeschichte zu würdigen verstanden und ihm schlossen sich Hausmann, Sartorius v. Waltershausen, C. v. Seebach und v. Koenen als Lehrer und Forscher würdig an. In Leipzig war von 1842 an dreißig Jahre hindurch C. Fr. Naumann als Lehrer der Mineralogie und Geologie thätig, nachdem er sechzehn Jahre vorher an der Bergakademie in Freiberg als Professor der Krystallographie und Geognosie gewirkt und sich durch ausgezeichnete krystallographische und mineralogische Arbeiten einen berühmten Namen gemacht hatte. Das bedeutendste geologische Werk Naumann's ist sein Lehrbuch der Geognosie, anerkanntermaßen das vollständigste und gründlichste Compendium dieser Wissenschaft, das Jahrzehnte hindurch allen Studierenden der Geologie als Richtschnur diente. Durch Naumann's ausgezeichnete Lehrthätigkeit wurde Leipzig ein Vorort für das mineralogische und geologische Studium und diese Tradition wurde nach Naumann's Tod (1873) durch seinen Nachfolger F. Zirkel und durch Herm. Credner aufrecht erhalten.

Heidelberg hatte den Vorzug in K. C. v. Leonhard, dem Herausgeber des mineralogischen Taschenbuchs und Begründer des neuen Jahrbuchs für Mineralogie, Geologie und Petrefaktenkunde einen Lehrer von hinreißender Beredsamkeit zu besitzen. Neben ihm wirkte H. G. Bronn als Zoolog und Paläontolog, ein Mann von stupender Gelehrsamkeit, dessen Lethaea geognostica noch jetzt einen Grundpfeiler der historischen Geologie und Paläontologie bildet.

Auch R. Blum und der jüngere G. Leonhard erfreuen sich als eifrige Lehrer und gewissenhafte Arbeiter eines guten Andenkens.

Unter den drei bayerischen Universitäten nahm München erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts regeren Antheil an den wissenschaftlichen Bestrebungen auf dem Gebiete der Geologie und Paläontologie. Schafhäutl, (seit 1843) der erste ordentliche Professor der Geologie in Deutschland, beschäftigte sich hauptsächlich mit der Erforschung der damals noch fast gänzlich unbekannten bayerischen Alpen; der Zoolog A. Wagner war auf paläontologischem Gebiete thätig. Aber erst als W. v. Gümbel 1851 seine Wirksamkeit als Mitarbeiter und später als Leiter der geologischen Landesaufnahme entfaltete und nach und nach die Ergebnisse seiner mehr als vierzigjährigen grundlegenden Untersuchungen über die Geologie von Bayern veröffentlichte und neben und mit ihm an der Universität Alb. Oppel eine kurze, K. v. Zittel eine im Jahre 1866 beginnende Lehrthätigkeit ausübten, wurde München allmählich eine Centralstätte für paläontologische und geologische Studien, wo eine beträchtliche Anzahl von Forschern aus allen Theilen der Welt ihre Ausbildung erhielten.

In Tübingen lehrte mehr als ein halbes Jahrhundert (von 1834—1889) F. A. Quenstedt, einer der originellsten, fruchtbarsten und vielseitigsten Geologen Deutschlands. Seine rastlose Thätigkeit in der Erforschung des württembergischen Bodens und seine seltene populäre Lehrbegabung verschafften ihm den Beinamen »Praeceptor Sueviae«. Durch Quenstedt wurde das Interesse für Geologie und Versteinerungskunde in Schichten der Bevölkerung angeregt, welche sonst wissenschaftlichen Bestrebungen fernstehen. An vielen Orten der schwäbischen Alb finden sich einfache Landleute, welche eifrig Versteinerungen sammeln und mit der stratigraphischen Gliederung des Jura vortrefflich vertraut sind. Quenstedt's Beispiel zeigt, was ein einzelner genialer Mann mit den bescheidensten äußeren Mitteln zu leisten vermag. Er hat zahlreiche Schüler herangezogen, unter denen namentlich Oscar Fraas, der Schöpfer der jetzigen unvergleichlichen Stuttgarter geologischen Localsammlung die Tradition des Meisters aufrecht erhielt.

Die meisten der bisher nicht genannten deutschen Universitäten oder technischen Hochschulen, auch die kleinsten nicht ausgenommen, besaßen oder besitzen unter ihren Professoren der Geologie in der

Regel einen oder auch mehrere Männer, welche sich wie Dunker, H. B. Geinitz, v. Klipstein, Fr. Sandberger, W. Benecke, Pfaff, Streng, Kayser, Cohen, Steinmann, Koken u. A. als Lehrer und Forscher auszeichnen.

Auch in Oesterreich und in der Schweiz gehört die Mehrzahl der hervorragenderen Geologen und Paläontologen seit dem Jahre 1820 dem akademischen Lehrkörper an. Von Wien mögen nur die berühmten Namen Ed. Sueß, Ferd. v. Hochstetter, Tschermak und M. Neumayr angeführt werden; in Prag wirkten Zippe und E. A. Reuß, in Graz C. Peters, in Innsbruck Adolf Pichler. Basel besaß im Rathsherrn und Professor Peter Merian einen Geologen und in L. Rütimeyer einen Paläontologen ersten Ranges. Bernhard Studer in Bern und Arnold Escher von der Linth in Zürich gehören zu den Begründern der geologischen Wissenschaft. L. Agassiz und Ed. Desor in Neuchâtel, J. J. Pictet und Alph. Favre in Genf sind Namen von Weltruf. Aber auch an kleineren Orten der Schweiz entfalteten Männer wie Jules Thurmann in Pruntrut, Charpentier in Bex, Lang und Greßly in Solothurn u. A. eine ruhmreiche wissenschaftliche Thätigkeit.

Im Verhältniß zu Deutschland tritt das lehrende Element in Frankreich und England weniger in den Vordergrund. Die zwei gewaltigen Hauptstädte dieser Länder concentrierten von jeher die geistigen Kräfte und namentlich Paris bildete seit Buffon, Cuvier, Lamarck und Al. Brongniart den Mittelpunkt aller geologischen und paläontologischen Bestrebungen. An den zahlreichen Anstalten der französischen Metropole wurden die bedeutendsten Forscher Frankreichs vereinigt. Am Pflanzengarten findet man als Vertreter der Geologie Faujas de Saint-Fond (1793—1819), Cordier (1819 bis 1860), Daubrée (1861—1892), Stanislas Meunier (seit 1892); für Mineralogie Daubenton (1793—1800), Dolomieu (1800—1801), Haüy (1802—1822), Alex. Brongniart (1822 bis 1847), Dufrenoy (1847—1857); für vergleichende Anatomie G. Cuvier (1802—1832), Blainville (1832—1850), Duvernoy (1850—1855), Serres (1855—1868), P. Gervais (1866—1878); für Paläontologie Alcide d'Orbigny (1853—1857), d'Archiac (1861—1869), Ed. Lartet (1869—1872) und Alb. Gaudry (seit 1872). An der Sorbonne vertraten Constant Prévost (1830 bis

1856) und Ed. Hébert (1856—1890), jetzt Munier-Chalmas Geologie und Paläontologie; an der École des Mines leuchten die glänzenden Namen eines Brochant de Villers, Elie de Beaumont, Dufrenoy, Voltz, Delesse, Bayle, Marcel Bertrand und Michel Levy hervor. In den französischen Provinzialstädten fiel die Pflege unserer Wissenschaften theils Universitätsprofessoren, theils Bergingenieuren und Privatgelehrten zu. Im Jahre 1830 gründete C. Prévost mit Ami Boué, Deshayes und Desnoyers die noch heute in hoher Blüthe stehende Société géologique de France, welche durch ihre Publicationen und Versammlungen das einflußreichste französische Organ für Geologie und Paläontologie wurde.

In Großbritannien nimmt die ältere Schwester der Société géologique de France, die schon im Jahre 1807 gegründete Geological Society of London eine nicht minder bedeutsame Stellung ein. Ihre Publicationen liefern ein treues Spiegelbild der ganzen historischen Entwickelung der Geologie und Paläontologie in Großbritannien während dieses Jahrhunderts und das Verzeichniß der Präsidenten dieser Gesellschaft, sowie das der Inhaber der von ihr verliehenen Wollaston-Medaille bietet eine vollständige Liste der verdientesten Geologen Großbritanniens. Auch die berühmten alten Universitäten Oxford, Cambridge, Edinburg, Aberdeen, Dublin, welche schon im heroischen Zeitalter der Geologie einige der hervorragendsten Gründer dieser Wissenschaft geliefert hatten, suchten mit London zu wetteifern und behaupteten stets ihre ruhmreiche Tradition. In Edinburg gründete eine Schaar begeisterter Anhänger Hutton's 1834 die noch jetzt existierende schottische geologische Gesellschaft, welche an Stelle der nach Jameson's Tod entschlafenen Werner'sche Gesellschaft trat.

Vor den übrigen Ländern Europas zeichnete sich Skandinavien durch eine Schaar hervorragender Forscher, wie Keilhau und Kjerulf in Norwegen, Nilsson, Erdmann, Nordenskiöld, Torell, Angelin, Lindström, Linnarson, Nathorst u. A. in Schweden, Forchhammer und Steenstrup in Dänemark aus. In Italien erwachte das wissenschaftliche Leben erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts nach seiner politischen Regeneration und auch Rußland trat spät, aber dann mit staunenswerther Energie in die Schranken.

In Nordamerika beginnt der Aufschwung der geologischen und paläontologischen Forschung im dritten Dezennium dieses Jahrhunderts. Heute stehen die Vereinigten Staaten und Canada an wissenschaftlichen Leistungen hinter keinem Land der Welt mehr zurück. Schweden, Italien und Amerika besitzen nach dem Vorbild von England, Frankreich und Deutschland geologische Gesellschaften mit selbständigen Publicationen.

Die eminente Bedeutung der rasch aufblühenden jungen Wissenschaft für das praktische Leben, für Bergbau, Straßen- und Eisenbahnbau, für Land- und Forstwirthschaft, für Industrie und Hygiene blieb den Staatsregierungen nicht lange verborgen. Das Bedürfniß nach einer genaueren Kenntniß der Bodenbeschaffenheit nicht nur einzelner, in wissenschaftlicher Hinsicht besonders anziehender Gebiete, sondern ganzer Länder zeitigte die Gründung von Anstalten, welche mit der planmäßigen geologischen Untersuchung der betreffenden Staaten betraut wurden. Das praktische England machte den Anfang. Im Jahre 1835 wurde unter der Leitung von de la Beche eine Staatsanstalt »Geological Survey of the united Kingdom« mit besonderen Abtheilungen für Schottland und Irland und später auch für die außereuropäischen britischen Colonien gegründet.

Fast gleichzeitig wurden in Frankreich Dufrenoy und Elie de Beaumont mit der Herstellung einer geologischen Uebersichtskarte betraut und nach deren Vollendung (1841) eine detailliertere Aufnahme aus Staatsmitteln beschlossen, deren Ausführung von Elie de Beaumont, Daubrée, Jacquot, jetzt von Michel Lévy geleitet und vorzugsweise von Bergingenieuren besorgt wird. Belgien ließ zwischen 1836 und 1854 durch André Dumont eine geologische Karte im Maßstab von 1 : 160000, später unter der Leitung von Ed. Dupont und Mourlon sehr genaue Spezialkarten herstellen. 1849 errichtete Oesterreich unter der Direction von W. v. Haidinger nach dem Muster Großbritanniens eine große geologische Reichsanstalt, welche auch unter Haidinger's Nachfolgern Franz v. Hauer, D. Stur und G. Stache einen mächtigen Impuls auf die ganze Entwickelung der Geologie in Oesterreich ausübte. In Sachsen hatten die Freiberger Bergbehörden schon seit 1789 geognostische Karten anfertigen lassen, welche von Naumann und Cotta zu ihrer Uebersichtskarte von Sachsen (1836—1846) benützt

wurden; in Preußen waren einzelne Provinzen im Auftrag der Staatsregierung durch hervorragende Sachverständige (v. Dechen, v. Carnall, Beyrich, Rose, Ewald, F. Roemer u. A.) geologisch kartiert worden; in Württemberg, Baden, Elsaß-Lothringen und Hessen arbeiteten staatliche Commissionen an der Herstellung geologischer Karten und in Bayern leitete C. W. v. Gümbel von 1851 bis 1898 die geognostischen Aufnahmen. Die Schweiz besitzt schon seit 1853 eine von B. Studer und A. Escher hergestellte ausgezeichnete geologische Uebersichtskarte und hat auf Veranlassung der Bundesregierung eine detaillierte geologische Aufnahme durchgeführt, die bald ihrer Vollendung entgegengeht. Durch die Gründung der großen geologischen Landesanstalt für Preußen und Thüringen (1873) unter der Leitung von Hauchecorne und Beyrich, deren Anfänge bis ins Jahr 1862 zurückreichen, durch Errichtung ähnlicher Anstalten in Sachsen (1872) und in den übrigen deutschen Bundesstaaten, welche nach dem Muster der englischen Spezialkarten Aufnahmen in großem Maßstab und Karten in der Größe von 1 : 25000 veröffentlichen, die allen berechtigten Anforderungen des praktischen Lebens Genüge leisten, hatte die topographische Geologie eine gewaltige Umgestaltung erfahren. Gegenwärtig haben nicht nur die bereits genannten Länder, sondern auch Ungarn, Italien, Schweden, Norwegen, Dänemark, Finnland, Rußland, Spanien, Portugal, Rumänien, Bulgarien geologische Anstalten, welche sich mit Anfertigung von Uebersichts- oder Detailkarten beschäftigen. Auch die außereuropäischen Culturstaaten sind, ganz abgesehen von den englischen, deutschen, russischen und französischen Colonien nicht hinter Europa zurückgeblieben und bemühen sich, die Bodenbeschaffenheit und mineralischen Producte ihrer Gebiete zu erforschen. In vorderster Reihe stehen hier die Vereinigten Staaten von Nordamerika mit ihrer Centralanstalt in Washington und zahlreichen Geological Surveys der einzelnen Staaten.

Ist durch diese Anstalten den Universitäten auch ein Theil ihrer früheren Aufgabe abgenommen worden, so verdanken die ersteren doch fast überall der Initiative von Fachgelehrten ihr Dasein und werden vielfach auch von Universitätsprofessoren geleitet. Sie haben bis jetzt durchwegs einen streng wissenschaftlichen Charakter bewahrt und in geradezu bewunderungswürdiger Weise die Kenntniß von dem geologischen Bau der zugänglichen Erdoberfläche gefördert.

Geologie und Paläontologie sind mehr als die meisten übrigen Disciplinen auf das Zusammenwirken der in der ganzen Welt zerstreuten Forscher angewiesen. Es hat sich darum auch bald das Bedürfniß nach internationalen Vereinigungen geltend gemacht. Zu diesem Behufe wurde im Jahre 1878 zu Paris der erste internationale Geologencongreß abgehalten, welchem in Intervallen von je drei Jahren die Congresse von Bologna, Berlin, London, Washington, Zürich und St. Petersburg folgten. Durch die namentlich in Nordamerika und Rußland in großartigster Weise veranstalteten Excursionen wurde zahlreichen Geologen Gelegenheit geboten, unter sachkundiger Führung Gebiete kennen zu lernen, die sonst dem Einzelnen schwer oder nur mit den größten Opfern an Zeit und Geld zugänglich waren.

Das aus allen Theilen der Welt zusammenströmende Beobachtungsmaterial konnte nur durch eine weitgehende Arbeitstheilung bewältigt werden. Die noch in den ersten Dezennien ziemlich einheitliche Wissenschaft zerfiel darum nach und nach in eine Anzahl von Spezialfächern, die sich zum Theil in ihrer Methode und ihrer Grundlage sehr erheblich von einander entfernen. Die Fragen über Welt- und Erdentstehung (Kosmogenie und Geogenie) wurden mehr und mehr den Astronomen, Physikern und Chemikern überlassen und nur noch von wenigen Geologen eingehender berücksichtigt. An der physiographischen Geologie betheiligten sich vorwiegend Geographen und auch in das umfangreiche und wichtige Gebiet der dynamischen Geologie theilen sich gegenwärtig Geologen, Geographen und Physiker. Die Ausbildung der Formationenlehre, Tektonik und topographischen Geologie lag anfänglich vorwiegend in den Händen von Einzelforschern, ist aber jetzt eine Hauptaufgabe der staatlichen geologischen Anstalten. Dem akademischen Betrieb blieben die Gesteinslehre und Paläontologie fast ausschließlich vorbehalten; erstere stützt sich hauptsächlich auf Mineralogie, Krystallographie und Chemie und hat in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts geradezu rapide und durchgreifende Fortschritte gemacht. Die Paläontologie schließt sich in ihrer modernen Ausbildung immer enger an die biologischen Disciplinen (Zoologie, vergleichende Anatomie, Embryologie und Botanik) an und befindet sich in stetiger, durch strenge und erprobte Untersuchungsmethoden gesicherter Entwickelung.

Das Zukunftsbild unserer Wissenschaften ist für die nächsten Dezennien viel versprechend. Die größten Errungenschaften dürften zunächst auf dem Gebiete der topographischen Geologie und der Paläontologie zu erwarten sein. Unermeßlich große Länderstrecken harren noch einer genaueren Untersuchung und verbergen voraussichtlich noch manche Ueberraschungen. In einem Jahrhundert wird die ganze Erdoberfläche vielleicht soweit bekannt sein, daß an Stelle der jetzigen geologischen Detailbeschreibung eine vergleichende topographische Geologie tritt, wie sie Ed. Sueß in seinem „Antlitz der Erde“ in geistvoller Weise anzubahnen versucht hat. Ist dann gleichzeitig auch die Tektonik der festen Erdkruste in allen Welttheilen genau erforscht, so wird sich daraus die Geschichte der physikalischen Vorgänge während der Entwickelung unseres Planeten ergeben. Aus der vollkommeneren Kenntniß der organischen Ueberreste und ihrer Verbreitung in den verschiedenen Formationen werden sich schließlich auch zuverlässigere Schlußfolgerungen über Entstehung, Abstammung und Entwickelung des organischen Lebens auf der Erde ableiten lassen, als dies jetzt bei unserem lückenhaften Wissen möglich ist.

---

1. Kapitel.

Kosmische Geologie.

a) Kosmogenie.

Untersuchungen über die Entstehung des Weltalls, des Sonnen- und Planetensystems gehören zwar nicht in das Forschungsgebiet der Geologie, sind jedoch mit der Entstehungs- und frühesten Entwickelungsgeschichte der Erde so innig verknüpft, daß die kosmogenetischen Ergebnisse der astronomischen Forschungen zu allen Zeiten auch auf die Anschauungen der Geologen einen maßgebenden Einfluß ausübten. Willkürlichen Speculationen über Welt- und Erdentstehung, wie sie im vorigen Jahrhundert beliebt waren und mit denen damals beinahe jedes geologische Werk allgemeineren Inhaltes eingeleitet wurde, machten die großen Entdeckungen der Astrophysik in diesem Jahrhundert ein Ende. Man begnügte sich jetzt entweder mit der von Kant und Laplace gegebenen Erklärung für die Entstehung des Weltalls und des Sonnensystems und hielt weitere Speculationen über Kosmogenie und Geogenie entweder für nutzlos oder überhaupt nicht in das Gebiet ernster wissenschaftlicher Forschung gehörig. So erklärt sich das lange Stillschweigen wenigstens von berufener Seite über derartige Fragen und wenn dasselbe unterbrochen wurde, so geschah es meist in einer die Naturerkenntniß wenig förderlichen Weise. Die Schriften von G. H. Schubert, Petzhold, Mulder, Marcel de Serres u. A. enthalten keine neuen entwicklungsfähigen Gedanken und fanden darum weder bei Astronomen und Physikern noch bei Geologen Beachtung. Im Jahre 1871 gab H. Helmholtz in einem populären Vortrag[1]) den damals herrschenden, auf Kant und Laplace gestützten Anschauungen über die Entstehung des Sonnensystems folgenden Ausdruck: „Unser System

war ursprünglich ein chaotischer Nebelball, in welchem anfangs, als er noch bis zur Bahn der äußersten Planeten reichte, viele Millionen Cubikmeilen kaum ein Gramm Masse enthalten konnten. Dieser Ball besaß, als er sich von den Nebelballen der benachbarten Fixsterne getrennt hatte, eine langsame Rotationsbewegung. Er verdichtete sich unter dem Einfluß der gegenseitigen Anziehung seiner Theile und in dem Maße, wie er sich verdichtete, mußte die Rotationsbewegung zunehmen und ihn zu einer flachen Scheibe auseinander treiben. Von Zeit zu Zeit trennten sich die Massen am Umfang dieser Scheibe unter dem Einfluß der zunehmenden Centrifugalkraft, und was sich trennte, ballte sich wieder in einen rotierenden Nebelball zusammen, der sich entweder einfach zu einem Planeten verdichtete, oder während dieser Verdichtung auch seinerseits noch wieder peripherische Massen abstieß, die zu Trabanten wurden, oder in einem Fall am Saturn als zusammenhängender Ring stehen blieben. In einem anderen Falle zerfiel die Masse, die sich am Umfang des Hauptballes abschied, in viele von einander getrennte Theile und lieferte den Schwarm der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Unsere neueren Erfahrungen über die Natur der Sternschnuppen lassen uns nun erkennen, daß dieser Prozeß der Verdichtung lose zerstreuter Körper noch gar nicht vollendet ist, sondern, wenn auch in schwachen Resten, noch immer fortgeht."

Mit der Entdeckung des Spektroskops durch Kirchhoff und R. Bunsen im Jahr 1859 hatte sich für die Astronomie ein völlig neues Gebiet eröffnet. Jetzt erst war es möglich, über die physische Beschaffenheit und die stoffliche Zusammensetzung der Sterne und der Sonne etwas Sicheres zu erfahren. Den spektroskopischen Forschungen verdankt man die wichtige Thatsache, daß alle Materie bis in den fernsten Weltraum im Wesentlichen von gleicher Beschaffenheit sei, und daß dieselben Substanzen an der Zusammensetzung der Erde, der Sonne, der Fixsterne und der planetarischen Nebel Theil nehmen.

Auch für die hohe Temperatur der selbstleuchtenden Weltkörper lieferte die mechanische Wärmetheorie und das von Rob. Mayer und H. Helmholtz begründete Gesetz von der Erhaltung der Kraft eine exacte Erklärung. Bei der Verdichtung des fein vertheilten kosmischen Urstoffs unter dem Einfluß der Schwerkraft erhielten die in der Bildung begriffenen Weltkörper einen enormen Vorrath von Wärme. So reicht z. B. nach Helmholtz die Wärmemenge, welche die Sonne

bei ihrer Verdichtung entwickelt hat, aus, um bei Grundlegung ihrer gegenwärtigen Wärmeabgabe einen Zeitraum von 22 Millionen Jahren der Vergangenheit zu decken. Und da die Sonne noch nicht am Ende ihrer Verdichtung angelangt ist, so kann sie noch viele Millionen Jahre hindurch Wärme ausstrahlen und ihren belebenden Sonnenschein den Planeten mittheilen.

Erhielt die Kant-Laplace'sche Nebulartheorie durch die Spektroskopie und die mechanische Wärmetheorie eine erfreuliche Bestätigung, soweit es sich um die Einheit der Materie und die Temperatur der Weltkörper handelte, so erhoben sich doch durch die Entdeckung der rückläufigen von Ost nach West rotierenden Satelliten des Uranus und Neptun Schwierigkeiten, von denen weder Kant noch Laplace eine Ahnung hatten und welche ihre Theorie ernstlich bedrohten. Die Gleichartigkeit der Umdrehung aller Körper des Sonnensystems bildet ja die Grundlage der Laplace'schen Anschauung, und nun zeigte sich, daß die Trabanten der sonnenfernsten Planeten eine entgegengesetzte Rotation besitzen. Auch andere schwache Punkte der Nebulartheorie boten Veranlassung zur Kritik. Wenn Kant die mit Anziehungs- und Abstoßungskraft ausgestatteten und in wirbelnder Bewegung befindlichen Theilchen der Urmaterie schließlich in eine gleichmäßige Rotation versetzt, so weiß er für diese Erscheinung ebenso wenig eine befriedigende Erklärung zu geben, als Laplace, der diese Bewegung von vorneherein als gegeben annimmt. Auch für den glühenden Zustand der leuchtenden Weltkörper vermochten weder Kant noch Laplace eine wissenschaftlich begründete Hypothese aufzustellen, so daß Letzterer die Urmaterie einfach mit einer unbestimmten Menge von Wärme ausstattet, ohne nach deren Ursache zu suchen. Weitere Bedenken gegen die Laplace'sche Theorie erregte die Annahme einer extrasolaren Herkunft der Kometen.

Unter den verschiedenen Versuchen, die Laplace'sche Theorie durch eine bessere zu ersetzen, auf welche näher einzugehen hier nicht der Ort ist, mag zunächst die 1846 von Mädler begründete Hypothese erwähnt werden, wonach für die gesammte Fixsternwelt zwar ein gemeinsames Centrum, nicht aber eine durch Massenübergewicht herrschende Centralsonne postuliert wird. Die Bewegung der Fixsterne würde also lediglich durch einen idealen Schwerpunkt geregelt; eine successive Ringbildung und Abschleuderung von Stoffmassen von einem Centralkörper wäre damit widerlegt. Auf die zahlreichen

Doppelsterne läßt sich ohnehin nach Mädler die Laplace'sche Ringtheorie nicht anwenden.

Die neueste Kosmogenie des französischen Astronomen H. Faye [2]) sieht ebenfalls von der Existenz einer Centralmasse sowohl des Fixsternhimmels als auch unseres Sonnensystems ab. Faye geht von der Annahme aus, daß im Anfang die Materie des Weltalls in außerordentlich verdünnter Form ein Chaos bildete, worin alle chemischen Elemente mehr oder weniger vermengt und verbunden waren. Ein Theil der Masse befand sich in langsamer wirbelnder Bewegung. In Folge der Schwerkraft und gegenseitigen Anziehung bildeten sich wirbelnde Nebelhaufen, welche mit verschiedener Geschwindigkeit in gleicher Richtung um ein Gravitationscentrum kreisten. Aus diesen Myriaden von Urnebeln gingen die verschiedenen Weltkörper durch allmähliche Verdichtung hervor. Die übrigen Theilchen der Urmaterie stürzten gegen das Centrum zusammen, indem sie längliche, nach jeder Richtung verlaufende Ellipsen beschreiben. Durch die Condensation der Weltkörper wurde Wärme und Licht erzeugt, und die Sterne entstanden als glühende und leuchtende Sonnen. Besitzt eine Sonne Planeten, so ist deren Entstehung zurückzuführen auf die ursprüngliche langsame Wirbelbewegung eines Theiles der Urmaterie. Ansehnliche Massen derselben vereinigen sich zu abgeplatteten Ringen, welche anfänglich ein leeres Gravitationscentrum umkreisen. Die Ringe zerfallen nach und nach in eine Anzahl rotierender Wirbel, die sich in gleicher Richtung wie der Gesammtring bewegen. Die größeren Wirbel ziehen die kleineren an, saugen sie auf und bilden schließlich einen einzigen sphärischen Körper. Auf diese Weise entstehen die Planeten und zwar diejenigen zuerst, deren Ringe dem Gravitationscentrum am nächsten liegen. Während aber in den fernsten Theilen eines solchen Systems noch Ringe vorhanden sind, entsteht allmählich durch Zusammensturz von fein vertheilter Materie ein Centralkörper, die beginnende Sonne. Die rotierenden und in der Bildung begriffenen planetaren Nebelmassen wiederholen im Kleinen den ganzen Prozeß, welchen das Sonnensystem durchgemacht hat. Es formen sich Ringe, aus denen die Satelliten hervorgehen, und mit ihnen bildet sich der Centralkörper zum Planeten aus. Diejenigen Theilchen der Urmaterie eines Sonnensystems, welche nicht in die Wirbel hereingezogen wurden und der Verdichtung entgingen, vereinigen sich zu Kometen und beschreiben um das

Gravitationscentrum Bahnen, die sich ganz unabhängig zu denen der Planeten verhalten. Solange die Sonne noch nicht existierte und keine Anziehung auf die planetaren Sphäroide ausübte, behielten diese ihre ursprüngliche rotierende Bewegung von West nach Ost; war jedoch die Sonne vorhanden, so übte sie vermöge ihrer Schwerkraft einen Einfluß auf die übrigen Körper des Sonnensystems aus. Die vorhandenen Planeten begannen sich dem Centralkörper allmählich zu nähern und die noch in der Bildung begriffenen Ringe der beiden äußersten Planeten Uranus und Neptun zerfielen in Wirbel mit retrograder Bewegung und erzeugten die widersinnig rotierenden Satelliten. Erst wenn die Sonne einmal vollständig fertig sein und keinen Zuwachs durch stürzende Materie mehr erhalten wird, tritt Stabilität in den Bewegungen des ganzen Systems ein. Nach und nach muß sich die Sonne immer mehr verdichten, die verticalen Strömungen, welche die Photosphäre speisen, werden sich verlangsamen, die Photosphäre schließlich erlöschen und die Oberfläche sich mit einer Kruste bedecken. Die Bewegung des Sonnensystems wird jedoch durch diese Abkühlung nicht beeinträchtigt und kann noch eine unabsehbare Zeit lang fortdauern.

b) Die Sonne.

Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne gewährte das Fernrohr die ersten Aufschlüsse. Im Jahre 1610 entdeckte der ostfriesische Pastorensohn David Fabricius bewegliche Flecken auf der Sonne und wenige Monate später machten der Jesuit Scheiner in Ingolstadt, der Engländer Harriot und der Italiener Galilei die gleiche Beobachtung. Fabricius erklärte die Sonnenflecken für schlackige Ausscheidungen des brennenden Sonnenkörpers, Scheiner für fremde die Sonne umkreisende Massen, Galilei für wolkenartige Unterbrechungen der Sonnenatmosphäre. Aus der Ortsveränderung der Sonnenflecken folgerte Scheiner zuerst die Rotation unseres Centralgestirnes. Ueber die Bedeutung dieser Flecken konnte man sich bis auf den heutigen Tag nicht einigen. Am meisten Anklang fand im Anfang dieses Jahrhunderts die von W. Herschel vertheidigte Ansicht, wonach die Sonnenflecken Höhlungen und Lücken in der glühenden Atmosphäre darstellen, welche den lichtlosen Sonnenkörper sichtbar machen. Arago und Humboldt schlossen sich dieser Hypothese an, deren Haltlosigkeit jedoch durch Kirchhoff's[3])

spektroskopische Untersuchungen nachgewiesen wurde. Kirchhoff zeigte, daß der weißglühende Sonnenkörper von einer Photosphäre umgeben sei, worin sich zahlreiche irdische Substanzen dampfförmig aufgelöst finden. Diese glühende Photosphäre bildet nach Kirchhoff Wolken, welche bei der Abkühlung dunkler werden und die Sonnenflecken hervorrufen. Zöllner[4]) bekämpft diese Hypothese namentlich wegen der verhältnißmäßig geringen Veränderlichkeit der Sonnenflecken und hält die letzteren, wie Fabricius, für schlackige Ausscheidungen auf der glühenden Oberfläche des Sonnenkörpers. Reye[5]) und Faye[6]) erklären die Flecken durch wirbelartige Cyclonen in der unteren Region der Sonnenatmosphäre. Daß solche stürmische Bewegungen an der Oberfläche des Sonnenkörpers in der That stattfinden, steht jetzt außer allem Zweifel, nachdem durch Lockyer (1869) über der Photosphäre noch eine Hülle von glühendem Wasserstoff nachgewiesen wurde, welche er wegen ihrer rothen Farbe Chromosphäre nannte und aus welcher sich riesige fackelartige, in wilder Bewegung befindliche Protuberanzen erheben.[7])

Alle modernen Theorieen über die Beschaffenheit der Sonne stimmen darin überein, daß dieselbe bei ihrer Bildung eine unermeßlich große Menge von Wärme erhalten und davon bereits eine beträchtliche Quantität durch Ausstrahlung wieder abgegeben hat. Nichts destoweniger befindet sich die Sonne noch in weißglühendem Zustand und ersetzt den Verlust an Wärme durch Ausstrahlung immer wieder durch fortschreitende Condensation und durch Zuwachs von zusammenstürzender und angezogener Materie aus dem freien Himmelsraum. Nach den spektroskopischen Untersuchungen von Kirchhoff, A. Secchi[8]), Zöllner, Lockyer, Young[9]) u. A. fanden sich mehr als die Hälfte aller irdischen Elemente auch als Bestandtheile der Sonne. Zur Verflüchtigung der meisten metallischen Substanzen sind enorm hohe Temperaturen erforderlich; Zöllner schreibt darum auch der Sonnenatmosphäre eine Hitze von 26—29000° C. zu, ja Secchi schätzt sie sogar auf mehrere Millionen Grade. An Anhaltspunkten für eine genaue Temperaturbestimmung der Sonne fehlt es vorläufig noch und darum gehen auch die Meinungen der Astronomen und Physiker über den Zustand unseres centralen Gestirnes weit auseinander, obwohl Größe und Dichtigkeit wohl bekannt sind. Die Sonne ist mehr als hundertmal größer, aber nur ein Viertel so dicht als die Erde; aus ihrem continuierlichem Spektrum ergiebt sich,

daß der Sonnenkörper weißglühend sein muß; ob sich derselbe aber in gluthflüssigem Zustand befindet, wie Kirchhoff und Zöllner vermuthen, oder ob er noch eine gasförmige, mit dichteren Theilchen vermischte und in stürmischer Bewegung befindliche Masse darstellt, wie Secchi und Faye annehmen, läßt sich schwer entscheiden.

c) Fixsterne und Planeten.

Während die Sonne das Bild eines noch nicht völlig consolidierten, aber immerhin schon weit vorgeschrittenen Weltkörpers darstellt, gewähren die Nebelflecken, Fixsterne und Planeten Aufschluß über die Entwickelungsphasen, welche ein Weltkörper vor und nach seiner Verfestigung durchläuft. Daß die Fixsterne nicht einerlei Beschaffenheit besitzen, wurde von jeher aus ihrer verschiedenen Helligkeit und Farbe vermuthet. Schon der ptolemäische Sternkatalog theilt die Sterne nach ihrer Helligkeit in sechs Classen ein. Genauere Bestimmungen über die Intensität des ausgestrahlten Sternenlichtes wurden mehrfach, namentlich von W. Herschel angestrebt, ohne jedoch ein befriedigendes Resultat zu liefern. Besser gelang die Gruppierung der Sterne nach ihrer Farbe. Weiße, gelbe und rothe Sterne unterschieden bereits die Alten; 1686 beobachtete Mariotte zuerst blaue Sterne und später W. Herschel (1782) die in verschiedenen Farben leuchtenden Doppelsterne. Eine Erklärung für die verschiedene Helligkeit und Färbung der Fixsterne gewährte erst die spektroskopische Untersuchung. Die Sonne und alle Fixsterne besitzen ein continuierliches Spektrum, das durch die dunkeln Linien der dampfförmigen Substanzen in der Photosphäre unterbrochen wird; den Spektren der nur reflektiertes Licht abgebenden Planeten fehlen die Frauenhofer'schen Linien. Nach Secchi[10]) lassen sich unter den Sternen nach ihrer spektroskopischen Beschaffenheit vier Gruppen: 1. weiße und blaue, 2. gelbe, 3. orangefarbige und rothe, 4. blutrothe unterscheiden. Secchi, Vogel[11]) und Scheiner (1890) halten die verschiedengefärbten Sterne für Abstufungen nach dem Grade des Erwärmungszustandes. Die weißen und blauen Sterne befinden sich in so hoher Temperatur, daß die in ihrer Photosphäre enthaltenen Metalldämpfe nur geringe Absorption ausüben und darum äußerst zarte Linien im Spektrum hervorrufen. Die ungemein häufigen gelben Sterne stehen im Stadium der Sonne und zeigen zahlreiche und kräftige dunkle Linien in ihren Spektren. Bei

den rothen Sternen ist die Gluth soweit erniedrigt, daß bereits chemische Verbindungen in der Atmosphäre vorhanden sind, die sich im Spektrum als mehr oder weniger breite Streifen bemerkbar machen. In den Spektren der Nebelflecken [12]) wurde bis jetzt nur Wasserstoff und daneben eine Linie nachgewiesen, welche einem auf der Erde unbekannten, aber auch in der Sonnenatmosphäre vorhandenen Element (Helium) angehört. An die rothen Sterne schließen sich die sogenannten neuen und veränderlichen, zuweilen hell aufleuchtenden, dann wieder matter werdenden oder gänzlich verschwindenden Sterne an, die sich wahrscheinlich in einem weit fortgeschrittenen Zustand befinden und durch Zusammenstoß mit anderen Weltkörpern oder durch innere Veränderungen gewaltige Eruptionen von glühenden Gasen (Wasserstoffgas), vielleicht auch von geschmolzenen Massen erzeugen. Daß sich neben den leuchtenden Sternen auch vollständig abgekühlte dunkle Weltkörper im Himmelsraum bewegen, hat die rechnende Astronomie mit Sicherheit festgestellt. Es zeigt somit die Sternenwelt in ihren verschiedenen Repräsentanten alle Phasen vom weißglühenden, gasförmigen bis zum abgekühlten und festen Zustand.

Die weitere Entwickelung eines abgekühlten und mit fester Kruste umhüllten Weltkörpers spiegelt sich in den verschiedenen Zuständen der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems ab und insoferne haben dieselben auch ein unmittelbares Interesse für die Geologie. Die Planeten bewegen sich in wenig excentrischen, fast kreisförmigen Ellipsen und gesetzmäßigen Abständen um die Sonne. Von den sechs schon im Alterthum bekannten Planeten steht der Merkur mit einem Durchmesser von 648 Meilen der Sonne am nächsten; ihm folgt die Venus (1613 Meilen Durchmesser), darauf die Erde (1719 Meilen Durchmesser), dann der Mars (909 Meilen), der gewaltige Jupiter (ca. 19000 Meilen Durchmesser) und schließlich der Saturn mit 16675 Meilen Durchmesser. Jenseits des Saturn entdeckte W. Herschel 1780 den Uranus mit einem Durchmesser von ca. 8000 Meilen und Leverrier im Jahre 1846 durch Rechnung den äußersten Planeten Neptun mit $4^1/_2$ fachem Erddurchmesser. Die Bahnen des Mars und Jupiter sind durch einen weit größeren Abstand von einander getrennt, als die der inneren Planeten. In dieser Lücke fand Piazzi (1801) zuerst die kleine Ceres, auf welche später die Entdeckung von mehr als 400 kleinen Planetoiden oder Asteroiden folgte, deren Zahl sich beständig vergrößert. Von

den Planeten besitzen die Erde einen, der Mars zwei, der Jupiter fünf, der Uranus vier, der Saturn acht, der Neptun einen Trabanten. Der Saturn zeichnet sich überdies durch den Besitz eines breiten, dreifach getheilten, frei über dem Aequator schwebenden Ringes aus.

Im Vergleich zur Erde (= 1) verhält sich die Dichtigkeit [13])

der Sonne = 0,25
des Merkur = 1,12
der Venus = 1,03
des Mars = 0,70
des Jupiter = 0,24
des Saturn = 0,13
des Uranus = 0,17
des Neptun = 0,16.

Die innern Planeten sind demnach beträchtlich schwerer und stärker consolidiert als die äußeren.

Mit der Verbesserung des Fernrohrs, mit Herstellung der modernen Riesenteleskope machte auch die Kenntniß der physikalischen Beschaffenheit der Planeten gewaltige Fortschritte. Das dankbarste Beobachtungsobjekt bot von jeher der Mars dar. Schon 1659 beobachtete Huygens an beiden Polen weiße Flecken und der ältere Herschel konnte 1781 eine Oberflächenskizze des Mars entwerfen, welche Hieronymus Schröter auf Grund mehrjähriger Beobachtungen zwischen 1786 und 1803 wesentlich verbesserte. Beer und Mädler unterschieden lichte, weiße und gelbrothe Flecken von dunkeln grünlich-blauen, wovon die ersteren als Landmassen, die letzteren als Meere gedeutet wurden. Auch der jüngere Herschel, Arago, Secchi, Proctor u. A. veröffentlichten Marskarten. Einen bis zu einem gewissen Grad abschließenden Charakter bieten die scharfsinnigen Untersuchungen des Mailänder Astronomen Schiaparelli.[14]) Die dunkeln Streifen, welche bald in gerader, bald in gebogener Linie die lichten Flecke durchkreuzen und in die dunkeln, eisengrauen Meere einmünden, wurden von Schiaparelli als Canäle gedeutet und mit bisher unübertroffener Genauigkeit kartiert, der schon früher vermuthete Mangel an Gebirgen und Einzelbergen bestätigt.

Weniger ergiebige Resultate lieferte die teleskopische Untersuchung der übrigen Planeten. Die kleine, der Erde zunächst benachbarte Venus scheint von einer dichten wolkigen Wasserdampfatmosphäre umgeben zu sein, welche den Einblick in die eigentliche Oberfläche des

Planeten verhindert; doch hat man neuerdings rundliche oder elliptische Flecken von lichter Färbung (vielleicht durchschimmernde Continente?) beobachtet, welche durch dunkle bandartige Streifen von einander geschieden sind. Ueber die Beschaffenheit des Jupiter konnte erst Keeler (1889) mit dem berühmten Refraktor der Lick-Sternwarte Einiges ermitteln. Man sieht mit diesem Instrument zwei röthliche Bänder zu beiden Seiten des Aequators, denen eine Anzahl schmälerer Streifen parallel laufen und außerdem einen elliptischen rothen Fleck. Es scheint somit auch dieser Planet von einer Wolkenhülle oder wogenden Dampfschichten umgeben zu sein, aus welchen der wahrscheinlich noch glühende Körper in dem rothen Fleck durchschimmert. Der Saturn zeigt eine ähnliche Oberfläche wie der Jupiter und außerdem jenen merkwürdigen Ring, den schon Kant für eine aus feinsten Theilchen bestehende Dunstmasse erklärte. Die beiden äußersten Planeten entziehen sich wegen ihrer großen Erdferne einer genaueren teleskopischen Untersuchung. Schon Fraunhofer hatte die Uebereinstimmung der Planetenspektren mit dem der Sonne constatiert. Die neueren Untersuchungen mit dem Spektralapparat zeigen in der That, daß die Planeten der Hauptsache nach nur Sonnenlicht reflektieren.

Ist es gestattet, aus diesen Beobachtungen Schlußfolgerungen zu ziehen, so dürfte der Mars mit seiner dünnen Atmosphäre der Erde am nächsten stehen. Er und vielleicht noch die in dicke Wolken eingehüllte Venus sind die einzigen Planeten, auf welchen die Existenz lebender Wesen denkbar wäre. Beim Merkur sind solche wegen der Sonnennähe ausgeschlossen; der Jupiter und Saturn senden etwas eigenes Licht aus und befinden sich wahrscheinlich noch in glühendem Zustand. Die Spektren von Uranus und Neptun lassen einen noch nicht völlig consolidierten Zustand vermuthen, für welchen auch die geringe Dichtigkeit dieser Planeten spricht.

b) Der Mond.

Kann man mit einer gewissen Berechtigung in dem jetzigen Zustand des Jupiter, Saturn und der äußeren Planeten ehemalige Entwicklungsstadien der Erde wieder erkennen, so wollen Viele im Mond das Zukunftsbild unseres Planeten sehen. Unter allen Himmelskörpern ist der Mond am genauesten erforscht. Seine geringe Entfernung von der Erde, der Mangel an Wasser und Wolken und die Abwesenheit

oder doch äußerst schwache Entwickelung einer Atmosphäre auf der uns allein zugewendeten Seite gestatten dem bewaffneten Auge einen so vollständigen Ueberblick der Oberflächenbeschaffenheit, daß dieselbe genauer bekannt ist, als manche schwer zugängliche Theile der Erde selbst. Schon im Alterthum bildete die Betrachtung des Mondes eine Lieblingsbeschäftigung der Astronomen, aber erst mit Entdeckung des Fernrohrs beginnt die Aera der wissenschaftlichen Selenographie. Galilei, Hirzgarter, Cassini, Riccioli u. A. entwarfen im 17. Jahrhundert Skizzen der Mondoberfläche. Der Danziger Rathsherr Hevel[15]) gab 1647 eine Mondkarte heraus, die allgemeine Bewunderung erregte. Auf sehr genauen Messungen beruht die topographische Mondkarte des Göttinger Professors Tobias Mayer (1750), welche alle bisherigen Versuche der Ortsbestimmung an Zuverlässigkeit übertrifft. Ein umfangreiches, von Karten begleitetes Werk über den Mond veröffentlichte der Braunschweiger Oberamtmann Hier. Schröter[16]) und auch der phantasievolle Münchener Astronom Gruithuisen beschäftigte sich vielfach mit der Mondtopographie. Im Jahre 1821 unternahm der sächsische Geodät Wilh. Gotthelf Lohrmann die Herstellung einer großen Mondkarte, wovon freilich die letzten Blätter erst 38 Jahre nach dem Tode des Autors durch Jul. Schmidt (1878) veröffentlicht wurden. Fast gleichzeitig mit Lohrmann fingen Mädler und Beer[17]) ihre Monduntersuchungen an und lieferten 1834 eine Karte von 3 Fuß Durchmesser, nach welcher mehrere instructive Reliefs der Mondoberfläche angefertigt wurden. Der erfolgreichste neuere Mondforscher ist Julius Schmidt.*) Schon als Knabe fing er an Beobachtungen über die Mondoberfläche zu machen und setzte dieselben 34 Jahre hindurch fort. Die Frucht dieser beharrlichen Arbeit ist eine wundervolle 2 Meter große Karte[18]), womit die Mondkartographie in der älteren Darstellungsmethode wohl ihren Abschluß erreicht haben dürfte.

Eine neue Aera beginnt mit der Anwendung der Photographie zur Herstellung von Mondlandschaften. Schon Warren de la Rue in London, Draper und Rutherford in Nordamerika erzielten auf diesem Wege Bilder von überraschender Schönheit. Aber alle

*) J. Fr. Julius Schmidt, geboren am 26. Februar 1825 zu Eutin (Oldenburg); begann seine astronomischen Untersuchungen schon auf der Schule in Hamburg; studierte in Bonn und Berlin, wurde 1846 Assistent bei Argelander in Bonn, 1858 Director der Sternwarte in Athen, starb 1884 in Athen.

diese Versuche wurden weit übertroffen, als die Astronomen der Lick Sternwarte in Californien ihre Riesenlinsen zur Herstellung von Mondphotographien verwendeten. Die große Zahl von Bildern, welche auf diesem Wege gewonnen wurden, sollen nunmehr durch den Astronomen Weinek in Prag zur Herstellung eines großartigen Mondatlas benützt werden. In England, wo die Monduntersuchungen besonders durch Nasmyth[19]), Carpenter, Proctor[20]) und Neison[21]) gepflegt werden und wo sich sogar eine eigene selenographische Gesellschaft gebildet hat, ist in den letzten zwei Jahrzehnten Vieles zur Aufklärung der Beschaffenheit des Mondes geschehen. Die Hauptergebnisse der Selenographie lassen sich dahin zusammenfassen, daß der Mond im Gegensatz zum Mars keine Meere und Kanäle, überhaupt kein flüssiges Wasser, dagegen eine wunderbare Menge von Gebirgen besitzt.

Aus den dem unbewaffneten Auge dunkel erscheinenden Ebenen (Meere der älteren Autoren) erheben sich zahllose abgestutzte, mit tiefen Kratern versehene Kegelberge, ringförmig gestaltete Wallgebirge und mächtige, von Schluchten zerrissene Gebirgsmassen, deren Gipfel bis 8000 Meter über ihre Umgebung hervorragen. Neben den auf vulkanischen Ursprung hinweisenden Kraterbergen und Ringgebirgen erregen die von Schröter entdeckten Risse (Rillen) in den Ebenen, welche zuweilen die vulkanischen Kegel durchschneiden und offenbar nach diesen entstanden sind, sowie helle, von den Kratern ausstrahlende Streifen besonderes geologisches Interesse. Während sich die Rillen wohl ungezwungen als Contractionsspalten erklären lassen, sind die radialen Lichtstreifen vorerst noch ein ungelöstes Räthsel. Man hat sie als lichtgefärbte Lavaströme oder als Beweise von Solfatarenthätigkeit[22]) gedeutet und auch aus der verschiedenen Färbung gewisser Theile der Mondoberfläche auf verschiedenartige Gesteinszusammensetzung[23]) geschlossen. Alle diese Vermuthungen stehen noch auf schwachen Füßen. Höchst bemerkenswerth sind die von Jul. Schmidt, Herm. Klein und Neison beobachteten Veränderungen an der Mondoberfläche; Schmidt constatierte 1866 das Verschwinden eines früheren Mondkraters, während Klein und Neison 1877 die Neubildung eines solchen sahen. Der geläufigen, von H. Ebert[24]) auch experimentell begründeten Annahme, wonach die Krater und Ringwälle des Mondes als Beweise vulkanischer Thätigkeit gelten, tritt der amerikanische Geologe G. K. Gilbert entgegen. Den Haupteinwand bildet die

ungeheuere Größe der Mondkrater. Gilbert[25]) hält sie für Eindrücke, die große Meteoriten bei ihrem Zusammenstoß mit dem Mond verursachten. Aehnliche Ideen hatte schon früher ein unter dem Namen Asterios versteckter Autor ausgesprochen. In neuerer Zeit wurde durch Schmick[26]), G. H. Darwin und Ebert die Oberflächengestalt des Mondes auf Wallungen eines ursprünglich in gluthflüssigem Zustand befindlichen Magmas zurückgeführt. Auch Ed. Sueß erläutert die vulkanischen Vorgänge bei der Mondbildung, er vergleicht die lunare Oberflächengestaltung mit den Wallungs- und Auftriebserscheinungen im Innern geschmolzener Mineral- oder Metallmassen und gelangt dadurch zur Aufstellung einer genetischen Tafel der verschiedenen Mondformen.

Ueber die Bewohnbarkeit des Mondes wurde in früheren Jahrhunderten viel fabuliert. Seit Anfang dieses Jahrhunderts ist seine Unbewohnbarkeit wegen Mangels an Wasser und einer genügenden Atmosphäre festgestellt, woran Gruithuisen's*) vermeintliche Entdeckung einer künstlich aufgebauten Festung auf dem Monde (1824) nichts änderte.

In dem Mangel an Wasser und aller Erosionserscheinungen beruht der Hauptunterschied zwischen der Oberfläche des Mondes und der Erde. Die vulkanischen Eruptionen müssen offenbar auf unserem Satelliten in anderer Weise vor sich gegangen sein als auf der Erde. Sollte darum einstens alles Wasser der Erdoberfläche durch die Verwitterung der Gesteine aufgezehrt und unser Weltkörper zur Leblosigkeit verurtheilt sein, so würde seine vielfach durchfurchte Oberfläche dem rauhen und warzigen Antlitz des Mondes ebensowenig gleichen, als dem freundlicheren und farbenreicheren Bilde des Mars.

e) Meteoriten und Sternschnuppen.

Nachrichten über vom Himmel gefallene Steine und Eisenmassen reichen bis in das Alterthum zurück. Der älteste Bericht vom

---

*) Franz Paula v. Gruithuisen, geboren 1774 als Sohn eines kurfürstlichen Falkoniers auf Schloß Haltenberg am Lech, diente schon 1788 als Feldchirurg in der österreichischen Armee im Türkenkriege; studierte später in Landshut und erlangte 1807 die medicinische Doctorwürde; wurde 1808 Lehrer der Physik und Naturgeschichte an der Landarztschule in München und 1826 zum Professor der Astronomie und Director der Sternwarte an der Universität München ernannt; starb 1852 in München.

Jahre 644 v. Chr. kommt aus China. Von den Phöniziern, Aegyptern und Griechen wurden Meteorsteine in Tempeln aufbewahrt und als Zeugnisse göttlicher Thätigkeit verehrt. Durch Plinius erlangte der Fall einer Eisenmasse von „Wagengröße" bei Aegos Potamos in Thrazien im Jahre 476 v. Chr., den Anaxagoras für ein von der Sonne abgebrochenes Fragment erklärt haben soll, Berühmtheit. Aus Deutschland sind Nachrichten über Steinfälle aus den Jahren 823, 998 und 1304 vorhanden. Auch aus Aegypten und Persien werden von Avicenna Steinfälle erwähnt. Daß der heilige Stein in der Kaaba von Mekka ein Meteorit ist, scheint nach dem Bericht des österreichischen Generalconsuls von Laurin (1845) kaum zweifelhaft. Ueber den Meteoriten von Ensisheim im Elsaß existieren mehrere Urkunden, welche besagen, daß am 7. November 1492 ein heißer Stein von 127 Kilogramm Schwere unter heftigem Getöse und Feuererscheinungen in ein Weizenfeld niedergefallen sei; er wurde bis auf zwei abgeschlagene Stücke auf Befehl des Kaisers Maximilian I. in der Kirche von Ensisheim aufgehängt, kam während der französischen Revolution nach Colmar, wo er erheblich verkleinert wurde, so daß der jetzt wieder in der Kirche von Ensisheim aufbewahrte Rest nur noch ca. 40 Kilogramm wiegt. Im Jahre 1510 oder 1511 ereignete sich bei Crema in Italien ein Steinfall, bei dem Cardanus nicht weniger als 1200 Stücke, darunter mehrere von Centnerschwere zählte. Obwohl sich im 17. und 18. Jahrhundert die Nachrichten über Meteoritenfälle stark mehrten, so machte man sich damals doch in wissenschaftlichen Kreisen über die Leichtgläubigkeit des Volkes, welches kritiklos solche Märchen acceptiere, lustig, und hielt die außerirdische Herkunft der Meteoriten für undenkbar. „Daß das Eisen von Agram vom Himmel gefallen sein soll" — sagt A. Stütz[27]), Direktor des k. k. Naturaliencabinets in Wien — „mögen wohl 1751 selbst Deutschlands aufgeklärte Köpfe bei der damals herrschenden Ungewißheit in der Naturgeschichte und Physik geglaubt haben; aber in unserer Zeit wäre es unverzeihlich, solche Märchen auch nur wahrscheinlich zu finden". Er empfiehlt darum „solche Steine, die man bisher als Raritäten aufbewahrt hatte, wegzuwerfen, um sich nicht durch Behalten derselben lächerlich zu machen". Glücklicher Weise ist dieser Rathschlag nicht befolgt worden.

Ueber den Steinfall von Lucé im Maine-Departement im September 1768 sandte der Abbé Bachelay einen genauen Bericht an

die Pariser Akademie unter Beifügung eines Fragmentes des ursprünglich $7^1/_2$ Pfund schweren Steins. Eine officielle Commission, welcher Cadet, Fougeroux und Lavoisier angehörten, erklärten den Meteoriten für einen gewöhnlichen Sandstein mit Schwefelkies, der bei Behandlung mit Säure einen schwefeligen Geruch von sich gebe, sonst aber nichts Außerordentliches erkennen lasse. Die Commission bestreitet die Möglichkeit, daß der Stein vom Himmel gefallen sei. Ueber einen von 300 Augenzeugen unterschriebenen Bericht des Maires von Lagrange de Juillac in der Gascogne über einen am 24. Juli 1790 niedergefallenen Steinregen, fällt Bertholon, der Herausgeber des Journal des Sciences utiles in Montpellier, ein herbes Urtheil und erklärt ein derartiges Phänomen für physisch unmöglich.

Diesem allgemeinen, schlecht begründeten Unglauben machte der Wittenberger Chladni*) ein Ende. In einer wahrhaft classischen Abhandlung[28]) führt er aus, daß die Feuermeteore und wahrscheinlich auch die meisten Sternschnuppen aus schweren und dichten Massen bestehen, und daß die Meteoriten Theile solcher Feuerkugeln und Sternschnuppen nicht tellurischen, sondern kosmischen Ursprungs seien. Chladni kommt nach Untersuchung einer von Pallas in Sibirien aufgefundenen Eisenmasse zur Ueberzeugung, daß dieselbe weder auf wässerigem, noch auf vulkanischem Wege, noch durch Umschmelzung von gewöhnlichem Eisen entstanden, sondern wie die Meteorsteine vom Himmel herabgefallen sei. Die Beweisführung Chladni's ist so zwingend, die Untersuchungsmethode so exact und die Aufzählung einer ganzen Reihe von gut beglaubigten Meteoritenfällen so zuverlässig, daß man sich wundern muß, wie nach seiner Schrift noch eine Discussion in wissenschaftlichen Kreisen möglich war, und doch erklärte J. A. de Luc noch 1803, er würde nicht an Meteorsteine glauben, selbst wenn einer vom Himmel zu seinen Füßen niederfiele. Chladni hält die Meteoriten für Trümmer kosmischer Körper, welche sich mit ungeheurer Geschwindigkeit im Weltraum herum treiben, in die Nähe der Erde gelangen, von dieser angezogen werden, sich in der Atmosphäre durch Reibung erhitzen, an ihrer Oberfläche schmelzen und schließlich unter Entwickelung von Gasen

*) Ernst Florens Friedrich Chladni, geboren 1756 in Wittenberg, beschäftigte sich als Privatgelehrter in erfolgreicher Weise mit Physik, namentlich mit Akustik; machte viele Reisen, auf denen er Vorträge hielt; starb 1827 in Breslau.

und elastischen Flüssigkeiten zerspringen. Dies ist im Wesentlichen auch heute noch die Ansicht der meisten Forscher über die Entstehung der Meteoriten.

Konnte Chladni nur eine mäßige Zahl von Meteoritenfällen aufzählen, so mehrten sich seitdem die Berichte über derartige Phänomene ganz außerordentlich. Schon 2 Monate nach der Publication seiner Schrift sah Ambrosio Soldani einen Meteorsteinfall bei Siena, hielt die Steine aber für Concretionen, welche sich während eines heftigen Gewitters aus von der Erde aufgestiegenen Ausdünstungen gebildet hätten. 1795 erfolgte ein Meteoritenfall bei Wold Cottage in Yorkshire, 1798 ein solcher bei Salès im Rhône-Departement, ein anderer bei Benares in Ostindien und 1803 fand am hellen Tag der Meteoritenschauer von l'Aigle im Orne-Departement statt, über den Biot, nachdem er die Departements Calvados und Orne bereist und überall die genauesten Erkundigungen eingezogen hatte, der französischen Akademie einen musterhaften Bericht abstattete. Damit waren alle Zweifel über die Existenz vom Himmel gefallener Steine beseitigt.

In den Werken von O. Buchner[29]), Kesselmeyer[30]), Flight[31]) und Stanislas Meunier[32]) finden sich sämmtliche bekannten Meteoritenfälle sorgfältig registriert.

War durch Chladni der Zusammenhang zwischen Feuermeteoren, Sternschnuppen und Meteoriten auch wissenschaftlich begründet, so dauerte es doch noch längere Zeit, bis seine Anschauungen allgemeine Anerkennung fanden. Vereinzelte Forscher beharrten bei der Meinung, die Meteoriten hätten sich aus tellurischem, in der Atmosphäre vertheiltem Material, ähnlich wie Schnee oder Hagel, zusammengeballt. Laplace und Berzelius hielten sie für vulkanische Auswürflinge des Mondes. Die große Mehrzahl erkennt zwar mit Chladni die Meteoriten als frei im Himmelsraum irrende kosmische Trümmer an, läßt sie jedoch durch Zusammenballung von Kometensubstanz entstehen, während Andere ihre Existenz auf Zertrümmerung oder Auflösung von Planetoiden zurückführen. Tschermak[33]) schreibt die Zerstörung der Meteoriten liefernden Weltkörper vulkanischen Eruptionen zu und hält somit den Vulkanismus nicht nur für eine irdische, sondern auch für eine weitverbreitete kosmische Erscheinung.

Das Interesse an Meteoriten führte zur Anlage von Sammlungen, wovon sich die bedeutendsten in den Museen von Wien,

London, Paris, Berlin, Tübingen, St. Petersburg und Amherst befinden.

Mit der chemischen Untersuchung der Meteoriten beschäftigte sich zuerst der Engländer Howard.[34]) Er zeigte, daß alle Meteoriten eine ähnliche Zusammensetzung besitzen und hauptsächlich aus Kieselsäure, Magnesia, Eisen, Nickel und Schwefeleisen bestehen. Als charakteristische Gemengtheile wurden nickelhaltiges Eisen, Schwefeleisen und verschiedene Silicate hervorgehoben. Die Analysen von Klaproth (1803), Laugier (1806) und Berzelius[35]) bestätigten die Resultate Howard's und wiesen einige weitere Elemente, wie Mangan, Chrom, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Natrium, Kalium, Calcium, Aluminium, Kobalt, Kupfer, Zinn und Phosphor nach. In neuerer Zeit haben sich Reichenbach[36]), Wöhler[37]), Rammelsberg[38]), Shepard, Baumhauer, L. Smith, Flight, Stanisl. Meunier mit der chemischen Zusammensetzung der Meteoriten beschäftigt. Abgesehen von einigen kurzen Notizen des Grafen Bournon über die von Howard analysierten Meteoriten beginnt deren genaue mineralogische Untersuchung mit den grundlegenden Arbeiten von G. Rose[39]), denen sich die Publicationen von Partsch[40]), W. Haidinger[41]), Reichenbach, Shepard, Maskelyne[42]), Flight, V. v. Lang, Damour, Daubrée, St. Meunier, Tschermak, Brezina, Cohen[43]), Weinschenk u. A. anschließen. Nach Cohen dürften ca. 25 sicher bestimmbare Mineralspecies in den Meteoriten nachgewiesen sein, unter denen Nickel-Eisen, Olivin, Bronzit, Enstatit, Hypersthen, Augit, Diopsid, Plagioklas zu den häufigsten und wesentlichsten Bestandtheilen gehören, während unter den accessorischen Chromeisen, Magneteisen, Troilit, Magnetkies, Graphit, Kohle und Diamant besonderes Interesse beanspruchen. Im Vergleich mit den irdischen Gesteinen ist die Zahl der Gemengtheile beschränkt; es fehlen vor Allem Quarz, Orthoklas, Glimmer, Hornblende, Leucit, Nephelin, Granat und alle wasserhaltigen Silikate, während dafür eine kleine Anzahl von Mineralien, wie Schreibersit, Cliftonit, Troilit und verschiedene Metalllegierungen auf der Erde bis jetzt nicht nachgewiesen sind. Vereinzelte Bestandtheile von Meteoriten, sowie künstliche Meteoreisen und Meteorsteine selbst wurden von Faraday, Fouqué, Michel Lévy und Daubrée durch Schmelzversuche hergestellt.

Schon Widmanstätten und W. Haidinger hatten auf die eigenartigen Strukturverhältnisse der Meteoriten aufmerksam gemacht.

Ein vollständiger Einblick in das merkwürdige Gefüge wurde jedoch erst gewonnen durch Anwendung der mikroskopischen Untersuchungsmethode, die 1863 von Sorby und Maskelyne eingeführt und von G. Tschermak[44]), Cohen und Brezina[45]) in erfolgreichster Weise verwerthet wurde. Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen zeigte den Strukturunterschied zwischen Meteoriten und irdischen Gesteinen viel bestimmter, als die ältere makroskopische Betrachtungsweise. Die Zusammensetzung vieler Meteorsteine aus strahlig kugeligen Körnern (Chondrite) oder irregulären Bruchstücken, die rissige Beschaffenheit, der Reichthum an Glaseinschlüssen, die Armuth an Dampfporen und das Fehlen von Flüssigkeitseinschlüssen verleihen den Meteoriten ein fremdartiges Aussehen und sprechen für ihre Entstehung ohne Mitwirkung von Wasser und Dämpfen.

Die verschiedenen Classificationsversuche der Meteoriten stützen sich theils auf die chemische und mineralogische Zusammensetzung, theils auf die Struktur. Partsch unterschied 1843 Steinmeteoriten und Eisenmeteoriten. Reichenbach[46]) verwirft die schroffe Trennung der Eisen- und Steinmeteoriten und bringt alle Aërolithen in neun Sippen unter, die hauptsächlich nach ihren physikalischen Eigenschaften, insbesondere nach Farbe und nach dem Gehalt an bestimmten Mineralien unterschieden werden. G. Rose*) hält die zwei Gruppen der Eisen- und Steinmeteoriten wieder aufrecht und benützt für die kleineren Abtheilungen hauptsächlich die mineralogische Zusammensetzung.[47]) So werden bei den Eisenmeteoriten unterschieden: 1. Meteoreisen, ausschließlich aus Nickeleisen zusammengesetzt; 2. Pallasite; Nickeleisen mit Olivin; 3. Mesosiderite: körniges Gemenge von Eisen und Magnetkies mit Olivin und Augit. Die letzteren bilden den Uebergang zu 4. den Steinmeteoriten, welche in Chondrite, Howardite, Chassignite, Chladnite, Chalkite, kohlige Meteorite und Eukrite zerfallen. Die Shepard'sche[48]) Eintheilung, welche hauptsächlich auf amerikanische Meteoriten Rücksicht nimmt und mehrfach modificiert wurde, berücksichtigt in erster Linie physikalische Eigenschaften. Daubrée[49]) unterscheidet die eisenhaltigen Meteoriten von den eisenfreien Asideriten. Die ersteren werden

*) Rose Gustav, geboren 1798 in Berlin, studierte das Bergfach, wurde 1822 Custos der mineralogischen Universitätssammlung, 1826 außerordentlicher und 1839 ordentlicher Professor der Mineralogie an der Berliner Universität; starb 1873 in Berlin.

wieder zerlegt in: 1. Holosiderite, ausschließlich aus Eisen bestehend; 2. Syssiderite, Eisen netzförmig, dazwischen Steinkörner; 3. Sporadosiderite, Eisen in kleineren Körnern oder Partikeln in einer steinartigen Grundmasse vertheilt. Je nach der Menge und Größe der Eisenkörner lassen sich wieder Polysiderite, Oligosiderite und Kryptosiderite unterscheiden. Stanislas Meunier schließt sich für die Hauptgruppen der Daubrée'schen Classification an, zerlegt dieselben aber nach ihrer Struktur und mineralogischen Zusammensetzung in 53 Unterabtheilungen. In England[50]) unterscheidet man nach Story-Maskelyne drei Hauptgruppen: Siderite (Meteoreisen), Siderolithe (Meteorsteine mit Eisen) und Aërolithe (Meteorsteine ohne Eisen). Tschermak[51]) nimmt fünf Gruppen an: 1. Reine Meteoreisen, 2. Eisenmassen mit eingeschlossenen Silikaten, 3. Chondritische Steine mit wenig Eisen, Olivin und Bronzit, 4. Meteorsteine mit Olivin, Bronzit und Pyroxen, 5. Meteorsteine mit Augit, Bronzit und Plagioklas. Cohen's[48]) neueste Classification (1894) unterscheidet wieder Eisenmeteoriten und Steinmeteoriten. Die ersteren zerfallen in reine Meteoreisen und Lithosiderite; die Steinmeteoriten in Achondrite, Chondrite und Siderolithe.

Das Studium der Meteoriten berührt, wie Daubrée treffend bemerkt, mehrere Fundamentalfragen der Geschichte des Weltalls. Sie sind die einzigen Proben außerirdischer oder kosmischer Körper, die wir zu untersuchen Gelegenheit haben und welche uns Einblick in die Zusammensetzung der dem Himmelsraum angehörigen Massen gewähren. Die Zahl der wohl beglaubigten Meteoritenfälle, bei denen Steine oder Eisenmassen gesammelt wurden, übersteigt kaum die Zahl Tausend. In der Regel sind die herabfallenden Stücke klein, zuweilen sogar staubförmig. Immerhin erhält aber unsere Erde durch diese kosmischen Wanderer eine Zufuhr von Stoff, die bei dem hohen Alter unseres Planeten nicht unterschätzt werden darf. Allerdings bestehen, namentlich die Steinmeteoriten, aus wenig widerstandsfähigem Material, fallen der Verwitterung zum Opfer und sind darum in Ablagerungen früherer Erdperioden nicht mehr zu erkennen. Die Thatsache, daß manche Meteoriten ganz aus metallischem Eisen (mit Nickel) bestehen, andere erhebliche Mengen von Eisenkörnern in einer Grundlage von Silicaten enthalten, weist darauf hin, daß Eisen an der Zusammensetzung der Planetoiden in bedeutenderer Menge Theil nimmt, als an der Zusammensetzung der irdischen Gesteine, in denen es fast

immer nur in Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel vorkommt. Erst im Jahre 1870 entdeckte Nordenskiöld am Ufer der grönländischen Insel Disko bei Ovisak riesige Blöcke von gediegenem nickelhaltigem Eisen von mehreren Tausend Kilogramm Gewicht, das anfänglich für meteorisch gehalten wurde, bis Steenstrup und Daubrée zeigten, daß auch die basaltischen Gesteine von Disko größere und kleinere Einsprenglinge von Eisen enthalten, welche in jeder Beziehung mit den großen Blöcken übereinstimmen. Es scheint darum, daß auch in der Tiefe der Erde, wie sich ja schon aus dem hohen specifischen Gewicht derselben vermuthen läßt, große Massen von Eisen vorhanden sind, und daß möglicher Weise bei einer Zertrümmerung unseres Planeten ähnliche Producte wie die Meteoreisen und Meteorsteine entstünden. Daubrée vergleicht die Meteoriten mit den olivin- und eisenhaltigen Tiefengesteinen und stellte meteoritenähnliche Gesteine aus Lherzolith unter Einwirkung von Wasserstoff und Kohle künstlich dar. Er folgert daraus, daß im Erdinnern Magmen vorhanden seien, welche bei der Erstarrung meteoritenartige Gesteine liefern würden.

Ueberreste von organisierten Bewohnern der zerstörten Weltkörper sind bis jetzt nicht in den Meteoriten gefunden worden, dagegen enthalten manche derselben Kohlenstoff; ja, an der Zusammensetzung der sogenannten Kohlenmeteoriten von erdigbröckeliger Struktur nehmen Kohle und Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff und Sauerstoff Theil.*)

Neuerdings hat N. Lockyer[52]) den Meteoriten eine große Rolle in der Kosmologie zugetheilt. Er betrachtet alle selbstleuchtenden kosmischen Körper als Massen, die entweder durch Meteoritenschwärme oder durch Zusammenballung von feinsten meteorischen Theilchen entstanden sind. Nebelflecken, Sterne und Kometen stellen demnach nur verschiedene Phasen ein und derselben Reihe von kosmischen Veränderungen dar.

f) Geogenie.

Wie bereits mehrfach erwähnt, schließen sich die Speculationen über Erdentstehung in diesem Jahrhundert zum größten Theil an die

*) Die von Otto Hahn (Die Meteoriten [Chondrite] und ihre Organismen dargestellt und beschrieben. Tübingen 1880. 4° mit 32 Tafeln) aus Chondriten beschriebenen und durch mikroskopische Untersuchung angeblich nachgewiesenen Spuren von Schwämmen, Korallen und Crinoiden sind mineralische Gebilde.

von Kant, Herschel und Laplace begründete Nebulartheorie an und betrachten die Erde, wie alle übrigen Weltkörper als condensierte Weltmaterie, die während der Verdichtung eine glühende Temperatur erhielt und sich erst durch Abkühlung mit einer festen Kruste umgab. Dieser von Fourier (1820) und Poisson (1835) in bewunderungswürdiger Weise theoretisch begründeten Auffassung steht die neptunistische gegenüber, welche ohne Rücksicht auf die Entstehung der übrigen Planeten und der Sonne die Erde als eine ursprünglich von Wasser durchtränkte Kugel betrachtet. Hatten sich am Schluß des vorigen Jahrhunderts mit Werner die Mehrzahl der Geologen der letzteren Anschauung angeschlossen und Andere, wie Hutton auf Speculationen über den Anfang unserer Erde gänzlich verzichtet, so verlor die neptunistische Schule mit der allgemeinen Anerkennung der Kant-Laplace'schen Theorie in geogenetischen Fragen nach und nach fast allen Boden und wurde nur noch durch eine kleine Zahl von Gelehrten in modificierter Form zu halten versucht.

Als Führer dieser Neoneptunisten trat der Münchener Chemiker und Mineraloge, Joh. Nepomuk Fuchs*) auf. Ihm schlossen sich Schubert, Schafhäutl und Andreas Wagner an. Mit der Entstehung der Erde selbst befaßte sich die Münchener neptunistische Schule nicht. Sie steht auf dem positiven Boden der biblischen Ueberlieferung; für sie ist die Erde durch einen Schöpfungsact Gottes aus dem Nichts hervorgegangen. Sie war anfänglich „wüst und leer" und mit der Erklärung dieses chaotischen Zustandes beginnt die Fuchs'sche Theorie.[53]) Daß die festen Bestandtheile unseres Planeten ursprünglich in Wasser aufgelöst waren, wie die ältere neptunistische Schule annahm, widerspricht den Erfahrungen der Chemie. Dagegen glaubt Fuchs durch Annahme eines amorphen, festweichen Urzustandes, worin Kieselsäure und Kohlensäure sämmtliche Bestandtheile der Erdkruste zu einer halbstarren Masse vereinigten, das Räthsel der Erdbildung lösen zu können. Die Atmosphäre bestand damals nur aus Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, freier Sauerstoff

*) Johann Nepomuk Fuchs, geboren 1774 zu Mattenzell in Niederbayern, studierte in Wien Medicin, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit Chemie und Mineralogie; wurde 1805 Privatdocent für diese Fächer in Landshut, 1807 ordentlicher Professor und 1823 Conservator der mineralogischen Staatssammlung in München; starb 1856 in München.

war noch nicht vorhanden, sondern an Kohlensäure und Kieselsäure gebunden. Diese beiden Säuren waren über das Ganze gleichsam als Herrscher und Ordner aufgestellt und jede führte das Untergebene zum bestimmten Ziel; und indem sie dasselbe vermöge ihrer eigenthümlichen Kraft auseinander hielten, entfalteten sich zwei Hauptformationsreihen, welche ungestört neben einander hergehen und sich in jedem Zeitalter begleiten: die Formationsreihe der Siliciumsäure und die der Kohlensäure; dazu gesellt sich noch eine dritte, welche erst in derspäteren Zeit mächtig hervortrat, nämlich die Reihe des Kohlenstoffs. Die Gesteinsbildung begann mit der Kieselreihe. Bei der Krystallisation großer Massen entwickelte sich Licht und Wärme. Die Erde wurde ein selbstleuchtender Körper und es „wurden Wirkungen hervorgebracht, welche Aehnlichkeit mit Vulkanen haben“. Durch Ausscheidung aus dem Urbrei entstanden Granit, Syenit, Porphyr, Gneiß, die krystallinischen Schiefer, Grünstein, Thonschiefer; später Sandstein, Quarzsand, Thon und Feuerstein. Neben den Gesteinen der Kieselreihe bildeten sich die der Kalkreihe und zwar mehrten sich die Gesteine der Kalkreihe in dem Verhältniß als jene der Kieselreihe abnahmen. Der Kalkstein ist ein chemischer Niederschlag aus einer wässerigen Lösung und kein zusammengeschlemmtes Gebilde. Wird der Kalk aus einer Auflösung ausgeschieden, so erscheint er anfänglich als schleimartige, amorphe Masse, die sich längere Zeit als solche erhält. Die Kohlenstoffreihe beginnt mit der Bildung von Graphit und Anthrazit, erlangt ihre größte Ausdehnung in den Steinkohlen und endet in den jüngsten Gebirgen mit den Braunkohlen und dem Torf. Obwohl Fuchs die Mitwirkung des Pflanzenreichs bei der Bildung der Kohlen nicht in Abrede stellt, hält er deren directe Entstehung auf chemischem Wege doch für wahrscheinlicher und zwar lieferte die anfänglich vorhandene überschüssige Kohlensäure den Kohlenstoff für die Steinkohlen, Braunkohlen, Harze und organische Wesen; sie hielt den neutralen kohlensauren Kalk von den Silikaten getrennt und versah die Atmosphäre nach und nach mit Sauerstoff. Bei dem Uebergang der ursprünglich amorphen Masse in den krystallinischen Zustand zog sich die Erde zusammen, es entstanden Klüfte, Spalten und Hohlräume, die wieder Senkungen und Einstürze verursachten und dadurch Veranlassung zur Entstehung von Gebirgen und Thälern boten, deren jetzige Gestalt später durch Mitwirkung des Wassers zu Stande kam. Die Risse und Spalten

wurden durch Gesteinsmasse ausgefüllt und so entstanden die Gänge von Granit, Porphyr rc., sowie die Erzgänge.

Die Theorie des Münchener Chemikers hat das Verdienst, den feuerigflüssigen Ursprung des Granites, Porphyrs, der krystallinischen Schiefer rc. mit gewichtigen Gründen als eine chemische Unmöglichkeit zu bekämpfen und darin wurde er von Schafhäutl unterstützt, dem es zuerst gelang, im Papin'schen Topf unter Einwirkung von überhitztem Wasser Quarzkrystalle künstlich herzustellen. Im Uebrigen leidet die Fuchs'sche Theorie an so großen Unwahrscheinlichkeiten und steht mit den Erfahrungen der Geologie dermaßen im Gegensatz, daß man sich nicht wundern darf, wenn sie von den Geologen fast gänzlich ignoriert wurde, namentlich nachdem Berzelius sich auch vom chemischen Standpunkt energisch dagegen verwahrt hatte.

Als Curiosität mag die Gruithuisen'sche[54]) Erdtheorie erwähnt werden, welche mit der Fuchs'schen darin übereinstimmt, daß sie einen feuerigflüssigen Urzustand der Erde auf das Bestimmteste verneint. Nach Gruithuisen waren alle Planeten und Monde ursprünglich Kometen und aus dunstigem Material zusammengesetzt. Durch Concentration gewisser Theile ergab sich später ein Aggregat von Massen von verschiedener Dichtigkeit, wobei sich die Erde bei aller Starrheit im Einzelnen doch als Ganzes wie eine weiche Substanz verhielt, aus welcher durch Krystallisation die verschiedenen Gesteine hervorgingen. Aehnlich wie Gruithuisen hatten die Gebrüder Marschall v. Bieberstein (1802) die Erde für ein Conglomerat von Meteorsteinen erklärt.

Unter den Autoren, welche, auf der Nebulartheorie fußend, der Erde einen ursprünglich glühenden Zustand zuschreiben, beschäftigt sich der Physiker Ampère[55]) hauptsächlich mit der Vertheilung der verschiedenen Stoffe in jenem Urzustand. Er nimmt an, daß sich bei allmählicher Abkühlung der Erde die Substanzen in der Reihenfolge, welche ihrer Verdampfungstemperatur entspricht, angeordnet hätten, so daß schließlich nur noch flüchtige Gase einen theils verfestigten, theils flüssigen Kern umhüllten. Die Unregelmäßigkeiten in der Anordnung der Stoffe erklärt Ampère durch chemische Processe, welche Temperaturerhöhungen, Umschmelzungen und Aufrichtung schon erhärteter Massen verursachten. Derartige im Erdinnern fortdauernde chemische Processe sind auch Ursache der Gebirgsbildung, der Vulkane und Erdbeben.

Henry de la Beche[56]) geht von dem Grundgedanken aus, daß die Materie der verschiedenen Körper unseres Sonnensystems zwar die gleiche sei, sich aber in verschiedenem Zustand der Dichtigkeit befände. Die Kraft, welche der Gravitation das Gegengewicht hält und den Grad der Dichtigkeit beeinflußt, ist nach de la Beche die Wärme; je höher die Temperatur, desto geringer im Allgemeinen die Dichtigkeit. Die Sonne und die verschiedenen Planeten zeigen nachweislich verschiedene Zustände der Dichtigkeit und der Temperatur. Unter den bekannten Grundstoffen nehmen nur eine beschränkte Anzahl (etwa 16) an der Zusammensetzung der Erde theil. Ursprünglich war die ganze Erdmaterie in gasförmigem Zustand, die Moleküle konnten sich frei bewegen, sich in verschiedener Weise chemisch verbinden und nach ihrer Schwere gruppieren. Die metallischen Dämpfe waren im Centrum der sphäroidischen Masse vereinigt und von einer Zone leichterer Stoffe umgeben, welche bei niedriger Temperatur noch in gasförmigem Zustand verharren konnten. Mit zunehmender Abkühlung durch ausstrahlende Wärme trat eine Condensation der verschiedenen Stoffe ein. Es bildete sich um den glühenden Kern eine aus schweren metallischen Substanzen zusammengesetzte Zone, darüber eine Region leichterer gluthflüssiger sauerstoffreicherer Verbindungen und schließlich eine Hülle von Dämpfen und Gasen. Die oxydreiche Zone erstarrte nach und nach zu einer festen Kruste von krystallinischen Gesteinen, die den glühenden Kern gegen völlige Abkühlung schützte und auf welcher sich alsdann die condensierten Wasserdämpfe als Ozeane sammeln konnten. Ladame[57]) (1836) nimmt wie de la Beche einen feurig-flüssigen Urzustand der Erde an. Die Abkühlung ist am stärksten an den Polen; von dort beginnt darum die Bildung einer festen Kruste, welche nach und nach gegen den Aequator fortschreitet. Ebenso mußte das organische Leben von den Polargebieten ausgehen.

Die scharfsinnigen Betrachtungen des Cambridger Physikers W. Hopkins[58]) stützen sich auf die Art der Abkühlung des ursprünglich feuerflüssigen Erdballs. Hopkins unterscheidet eine Abkühlung durch Leitung in festen oder breiartigen Massen und eine Abkühlung durch Circulation in Flüssigkeiten. Ursprünglich fand nur die letztere statt. Während aber an der Oberfläche durch Abkühlung eine Verdichtung eintrat, wirkte in der Tiefe der hohe Druck in gleicher Weise verfestigend. Befand sich nun die Erde ursprünglich in vollkommen

flüssigem Zustand, so sind nach Hopkins dreierlei Zustände der Abkühlung möglich:

1. Eine äußere solide Kruste umhüllt einen noch vollkommen flüssigen Kern oder
2. die Erdkugel ist von einer festen Kruste umgeben und enthält einen verfestigten Kern, beide getrennt durch eine Zone feurig-flüssiger Masse oder
3. die Erde kann vollständig verfestigt sein.

Gewähren diese Untersuchungen somit kein bestimmtes Resultat über die Beschaffenheit des Erdinnern, so sucht Hopkins in einer späteren Abhandlung[59]), anknüpfend an die Präcessionserscheinungen, welche nach seiner Meinung einen plastischen Zustand der Erde undenkbar erscheinen lassen, die Dicke der erstarrten Erdkruste zu berechnen und kommt zum Ergebniß, daß dieselbe etwa $1/4$ oder $1/5$ des Erddurchmessers, also mindestens 172 bis 215 geographische Meilen betragen müsse. Bei dieser gewaltigen Dicke wäre eine directe Communication der flüssigen Masse im Erdinnern mit der Oberfläche nicht denkbar. Die Vulkane müssen darum ihr Material aus Reservoiren von mäßigem Umfang innerhalb der festen Erdkruste erhalten, welche noch mit feuerflüssigem Material erfüllt sind.

Hatten die Bemühungen von Hopkins, die Abkühlung der Erde auf theoretischem Wege durch Rechnung zu ermitteln, kein sonderlich befriedigendes Resultat ergeben, so suchte der Bonner Chemiker, G. Bischof[60]), die Frage durch das Experiment zu beantworten. Wie Buffon seiner Zeit die Abkühlung glühender Metallkugeln beobachtet und darnach das Alter der Erde ausgerechnet hatte, so ließ Bischof Basaltkugeln von verschiedenem Durchmesser auf der Saynerhütte schmelzen und erhielt, indem er die Abkühlungswerthe derselben auf die Erde übertrug, für die vollständige Erstarrung der letzteren auf die Temperatur des Weltraums einen Zeitraum von 350 Millionen Jahre. Begreiflicher Weise sind die Ergebnisse derartiger mit kleinen Massen ausgeführter Versuche, welche später von Ayrton und Perry wiederholt wurden, nicht sonderlich zuverlässig und können unmöglich genaue Zahlenwerthe liefern. Aber auch auf rechnerischem Weg läßt sich das Alter der Erde kaum mit Genauigkeit bestimmen, wie aus der berühmten Abhandlung von William Thomson (Lord Kelvin) „on the secular cooling of the Earth“[61]) und aus Thomson's

mit Tait herausgegebenem Handbuch der theoretischen Physik[62]) hervorgeht. Darnach hat die Erstarrung der Erde vor nicht weniger als 20 Millionen Jahren und vor nicht mehr als 400 Millionen Jahren stattgefunden. Helmholtz kam, von der ursprünglichen Temperatur des Urnebels ausgehend, zu einem viel kleineren Betrag und berechnete das Alter der Erde auf 68 Millionen Jahre.

Der amerikanische Geologe Clarence King[63]) denkt sich die Erde als einen ursprünglich feuerflüssigen Körper, zwischen dessen erstarrter Kruste und nahezu starrem Kern noch eine schmelzflüssige Zone übrig geblieben ist. Aus Betrachtungen über die Wirkungen von Druck und Wärme im Erdinnern und aus Schmelzversuchen mit Diabasgestein, dessen Dichtigkeit jener der Erde nahe kommt, bei niedrigem und hohem Druck, kommt King zu dem Resultat, daß die Anfangstemperatur der Erde nicht über 2000° C. zu schätzen und ihr Alter auf 24 Millionen Jahre zu veranschlagen sei.

Eine eigenthümliche Theorie der Erdbildung stellte der Chemiker Sterry-Hunt[64]) in Canada auf. Er geht von einer homogenen, gasförmigen, rotierenden Kugel aus, in welcher die durch Abkühlung condensierten Theile nach dem Centrum streben, wo sie sich wieder von neuem erhitzen, in Circulation gerathen und sich schließlich nach ihrer Dichtigkeit zonenweise ordnen und eine schmelzflüssige Kugel bilden. Die Erstarrung dieser Kugel beginnt in der centralen Region. An der noch geschmolzenen Oberfläche tritt ebenfalls eine langsame Abkühlung ein und unter dem dort herrschenden Druck der dampfförmigen Atmosphäre vollziehen sich die mannigfaltigsten chemischen Prozesse. Zuerst entstand eine an Hochofenschlacken erinnernde breiartige Masse, die an ihrer Oberfläche erstarrte und nun der Einwirkung von überhitztem Wasser, Dämpfen und Säuren ausgesetzt war. Es bildeten sich Verbindungen von Basen mit Chlor und Schwefelsäure. Später trat die Kohlensäure in Action, zerstörte die vorhandenen Silicate unter Bildung von thonigen Gesteinen und kohlensauren Verbindungen und allmählich wurde die Oberfläche zur Entfaltung einer üppigen Vegetation geeignet, welcher das Auftreten der Thierwelt folgte. Nach und nach wurde durch weitere Erstarrung im Innern die ganze Erde fest. Die mit Wasser durchtränkte und zersetzte Kruste steht in ihren tieferen Theilen noch unter dem Einfluß der inneren Hitze, wird umgeschmolzen und bildet zwischen dem starren aber heißen Kern eine in „wässerigem Schmelzfluß“ befind-

liche Zwischenzone, den Herd des Vulkanismus, der Erdbeben und der endogenen Veränderungen in der Erdkruste.

Auch Robert Mallet*) beschäftigte sich eingehend[65]) mit der Abkühlung der ursprünglich schmelzflüssigen Erdkugel und läßt dieselbe an den Polen beginnen. Die an den Polen erstarrten Schollen seien in die Tiefe gesunken, um in den Aequatorialregionen wieder in die Höhe zu steigen und nach den Polargebieten abzufließen, ähnlich wie sich heute die Gewässer des Ozeans bewegen. Die Krustenbildung schritt von den Polen ausgehend immer weiter, und zwar entstand zuerst eine dünne, biegsame Rinde auf der zähen oder flüssigen Innenmasse. Diese noch heiße, stellenweise rothglühende Kruste zerbrach und zerriß; die ersten Wasserniederschläge sammelten sich an vertieften Stellen, und es entstanden beim Niedersinken der Krustenschollen Spannungen und Pressungen. Die Kruste wurde nach und nach dicker; die bei der Zusammenziehung vertical nach dem Centrum wirkenden Kräfte wurden durch den Widerstand der Kruste in tangentialer Richtung abgelenkt und erzeugten Faltungen und Runzeln, welche jetzt als Bergketten vorragen. Es entstanden Festländer und Ozeane und die Erde wurde zur Aufnahme von lebenden Wesen geeignet. Im letzten (vierten) Stadium ist die Kruste sehr dick geworden. Abkühlung und Contraction gehen nur langsam vor sich; der durch die sinkende Kruste erzeugte tangentiale Druck veranlaßt an schwächeren Stellen Zerquetschungen und die durch Druck und Zertrümmerung geleistete Arbeit wird in Wärme umgesetzt und dadurch sowohl die Eigenwärme der Erde als auch die Entstehung der Vulkane erklärt.

Die Mallet'sche Theorie, soweit sie die Erzeugung der Erdwärme und die Erklärung der Vulkane betrifft, wurde von O. Lang und Justus Roth bekämpft und die Richtigkeit der von Mallet durch Rechnung gewonnenen Wärmemengen bestritten. O. Lang[66]) ist der Meinung, die ursprünglich nach der Schwere zonenweise angeordneten Bestandtheile der feuerflüssigen Erdkugel hätten sich an der Oberfläche zuerst abgekühlt. Beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand sei eine Volumvergrößerung (nicht, wie Bischof, Thomson, Mallet und die meisten übrigen Physiker an-

*) Mallet Robert, geboren 1810 in Dublin, Civilingenieur; starb in Dublin 1881.

nehmen, eine Contraction) eingetreten und die leichten, an der Peripherie vertheilten Substanzen hätten bei der Erstarrung eine schlackige Beschaffenheit angenommen, während die tieferen Massen in Folge des Druckes krystallinische Struktur erhielten. Nach Bildung der Erdkruste verminderte sich die Abkühlung auf ein Minimum. Die Erklärung der vulkanischen Erscheinungen findet Lang in dem Raumbedürfniß der sich bei der Erstarrung ausdehnenden äußerlichen Gesteinsmassen.

Ries und Winkelmann[67]) veröffentlichten 1881 eine Reihe von Beobachtungen über die Erstarrung von geschmolzenen Metallen, die insofern der Lang'schen Hypothese günstig sind, als sie nachwiesen, daß mit Ausnahme von Cadmium und Blei fast alle übrigen Metalle im geschmolzenen Zustand schwerer sind als im festen. Damit stehen freilich die Experimente von G. Bischof[68]) in Widerspruch, welche beweisen, daß die wichtigsten plutonischen Gesteine, wie Granit, Trachyt, Basalt, beim Uebergang aus dem flüssigen in den krystallinischen Zustand eine bedeutende Contraction erleiden.

Im Anschluß an seine kosmogenetischen Speculationen hat Faye (vgl. S. 230) auch den Versuch gemacht, die Entstehung und Entwickelung der Erde sowohl mit den Erfahrungen der modernen Astronomie, als auch mit denen der Geologie und Paläontologie in Uebereinstimmung zu bringen.[69])

Bei der Condensation aus dem Urnebel erhielt die Erde ihre hohe Temperatur. In der feuerflüssigen Masse ordneten sich die Substanzen nach ihrer Dichtigkeit in concentrischen Schichten. Die Größe des Rotationssphäroids war damals noch bedeutender als jetzt und die Rotation eine langsamere. Die oberflächlichen Schichten oxydierten, und der feuerflüssige Erdkörper war von einer dicken Atmosphäre, welche die gesammte Wassermasse in Dampfform enthielt, umgeben. In der „antezoischen“ Periode hört die Erde auf, ein selbstleuchtender Weltkörper zu sein; sie erlöscht und umgibt sich mit einer festen Kruste. Die Gewässer fangen an, sich niederzuschlagen, zu sammeln und beginnen ihre mechanische und chemische Einwirkung auf die Kruste unter dem Druck einer dichten Atmosphäre. In der „primären“ Periode zerreißt die bereits verdickte Kruste vielfach; die schmelzflüssige Masse im Innern wird durch die Contraction des sich abkühlenden Erdkörpers emporgepreßt und ergießt sich durch Spalten an die Oberfläche. Die Temperatur an der Erdoberfläche ist aus-

schließlich bedingt durch die innere Erdwärme und am Aequator und an den Polen gleich hoch; darum auch keine klimatischen Zonen und keine Jahreszeiten. Die tiefen Ozeane sind warm; eine dichte Atmosphäre schützt die Erde vor rascher Abkühlung. Regengüsse sind überall häufig. Unter den Meeren kühlt sich die Kruste rascher ab als am Festland, darum stärkerer Druck auf das Erdinnere in den ozeanischen Gebieten und fortschreitende Erhöhung des Festlandes. Die im Entstehen begriffene Sonne sendet der ganzen Erde, auch den Polen, ihr schwaches Licht und das organische Leben kann sich auf der ganzen Erdoberfläche gleichmäßig entwickeln. In der „secundären“ Periode verdickt sich die Kruste; die innere Wärme nimmt ab; die Rotation wird schneller. Die Sonne erhält Kugelgestalt und vergrößert sich; ihre Licht- und Wärmeausstrahlung wird intensiver. Es bilden sich Continente und Gebirge. Pflanzen und Thiere bevölkern die ganze Erdoberfläche; nach und nach machen sich klimatische Unterschiede geltend, welche sich in der Flora und Fauna der jüngeren mesozoischen (secundären) Ablagerungen wiederspiegeln. In der Tertiärzeit verlangsamt sich die Contraction der Erde; die innere Wärme macht sich nur noch wenig bemerkbar. Die Sonne erreicht das Maximum ihres Umfangs und ist von einer glühenden Photosphäre umgeben. Die stärkere Abkühlung der Erdkruste unter den Meeren veranlaßt die Bildung hoher Gebirgsketten, welche den Bruchspalten entlang laufen. Vulkanische Eruptionen sind häufig. Die Jahreszeiten und klimatischen Zonen differenzieren sich, die Pole bedecken sich mit ewigem Schnee und Eis. Die organische Welt erreicht das Maximum ihrer Energie in den günstigen klimatischen Zonen. In der „quaternären“ Periode haben sämmtliche Planeten ihren jetzigen stabilen Zustand erreicht; die Sonne hat etwas an Leuchtkraft und Wärme abgenommen. Die Contraction der Erde dauert noch langsam fort und verursacht Schaukelbewegungen in der Erdkruste. Es erfolgt Eintritt der Eiszeit, verminderte Thätigkeit der Vulkane, Rückzug des organischen Lebens aus den polaren und Hochgebirgsregionen und den regenlosen Wüsten und Fortdauer einer abyssischen Meeresfauna, welche jener der früheren Perioden analog ist.

Die originellen Ausführungen Faye's gehen von dem Grundgedanken aus, daß die Erde und die inneren Planeten vor der Sonne entstanden sind; daß die erste Entwickelung des organischen

Lebens auf der Erde unter dem diffusen Licht der noch nicht consolidierten Sonne stattfand; daß ein gleichmäßiges Klima in der primären Periode über der ganzen Erde herrschte, und daß darum auch die Verbreitung der Pflanzen und Thiere nicht, wie vielfach angenommen wird, von den Polen her erfolgte.

Anmerkungen zum 1. Kapitel der 4. Periode.

1) Ueber die Entstehung des Planetensystems. Braunschweig 1871.

2) Faye H. Sur l'origine du Monde. Théories cosmogéniques des Anciens et des Modernes. Paris 1896. 3ème éd.

3) Kirchhoff G. Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spektren der chemischen Elemente. Abhandlung der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften. Mathem. phys. Cl. 1861.

4) Zöllner J. K. F. Ueber die Periodicität und heliographische Vertheilung der Sonnenflecke. Sitzungsbericht der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig. 1870.

5) Reye. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnenatmosphäre. Hannover 1872.

6) Faye. Cyclones solaires. Comptes rendus de l'Acad. d. Sc. tome LXXVIII.

7) Lockyer Norm. Solar Physics. London 1873.

8) Secchi Angelo. Le Soleil, ins Deutsche übersetzt von Schellen. 1872.

9) Young C. A. The Sun. London 1882. 2 ed.

10) Secchi Angelo. Die Sterne; Grundzüge der Astronomie. Deutsche Ausgabe. Leipzig 1878.

11) Vogel H. Untersuchungen über die Spectra der Planeten. Leipzig 1874.

12) Huggins-Miller. On the spectra of some of the nebulae. Philosophical Transactions 1864 und on the spectra of some of the fixed stars ibid. 1864.

13) Vgl. Geikie Archibald. Textbook of Geology. London 1882.

14) Schiaparelli. Osservazioni astronomiche e fisiche sull' asse di rotazione e sulla topografia del Pianeta Marte. Roma 1878.

15) Hevelius. Selenographia sive Lunae descriptio. 1647.

16) Schröter Hieronymus. Selenographische Fragmente. 1. Theil. Lilienthal-Helmstaedt 1791. 2. Theil. Göttingen 1802.

17) Mädler-Beer. Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemeine vergleichende Selenographie. Berlin 1837.

18) Schmidt Joh. Friedr. Julius. Charte der Gebirge des Mondes mit Erläuterungen. Berlin 1878.

[19]) Nasmyth-Carpenter. The moon considered as a planet, a world and a Satellite. London 1874; ins Deutsche übersetzt von Herm. Klein. Braunschweig 1878.

[20]) Proctor. The Moon: Her motion, aspect, scenery and physical conditions. London 1873.

[21]) Neison. The Moon and the conditions and configurations of its surface. London 1876 Deutsch von Herm. Klein. Braunschweig 1878. Mit Atlas.

[22]) Sueß E. Sitzungsbericht der k. k. Akad. Wien, math.-physik. Classe. 1895. CIV.

[23]) Landerer J. J. Comptes rendus Ac. d. Sc. 1889.

[24]) Ann. d. Phys. N. F. 1890. Bd. 41. S. 351.

[25]) Gilbert G K. The moon's face. Bull. Philos. Soc. Washington 1893. XII. S. 241.

[26]) Schmick. Der Mond. Leipzig 1877.

[27]) Bergbaukunde. 1790. Band II.

[28]) Chladni E F. F. Ueber den Ursprung des von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen. Leipzig 1794.

[29]) Buchner Otto. Die Feuermeteore, insbesondere die Meteoriten historisch und naturwissenschaftlich betrachtet. Gießen 1859. — Die Meteoriten in Sammlungen, ihre Geschichte, mineralogische und chemische Beschaffenheit. Leipzig 1863.

[30]) Kesselmeyer P. A. Ueber den Ursprung der Meteoriten nebst Buchner's Quellenverzeichniß aller bekannt gewordenen Meteoritenfälle. Abhandlung der Senkenberg'schen Gesellschaft in Frankfurt a. M. 1861.

[31]) Flight Walter. A Chapter in the History of Meteorites. London 1887.

[32]) Meunier Stanislas. Météorites in Fremy's Encyclopédie chimique. 1884.

[33]) Sitzungsberichte der k. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Mathem.-phys. Cl. 1875 u 1877.

[34]) Howard E. Philosophical Transactions 1802. I. p. 168—212.

[35]) Berzelius J. J. Undersökning af en Meteorsten. Oefversigt af k. Vetensk. Acad. Förhandlingar. 1828. S. 156—163. — Om Meteorstenar ibid. 1834. S. 115—183.

[36]) Reichenbach C. v. Ueber Meteoreisenanalysen. Poggend. Annalen 1850 u. 1863.

[37]) Wöhler F. Sitzungsberichte d. k. k Akad. d. Wissenschaften. Wien. 1852. VIII. 1855. XVII. 1858. XXXIII. 1862. XLVI.

[38]) Rammelsberg C. Die chemische Natur der Meteoriten. Abhandl. d. k. preuß. Akad. d. Wissenschaften. Berlin 1870.

[39]) Rose Gustav. Ueber die in Meteorsteinen vorkommenden krystallisierten Mineralien. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie 1825. IV. S. 173—204.

[40]) Partsch Paul. Die Meteoriten im k. k. Hof-Mineraliencabinet zu Wien. 1843.

[41]) Haidinger W. Sitzungsberichte d. k. k. Akad. d. Wissenschaften Wien. 1859—1864.

[42]) Maskelyne. Story on the Mineral constituents of Meteorites. Philos. Trans. 1870. CLX. 1871. CLXI.

[43]) Cohen E. Meteoritenkunde. I. Untersuchungsmethoden und Charakteristik der Gemengtheile. Stuttgart 1894.

[44]) Tschermak G. Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten, erläutert durch photographische Abbildungen. Stuttgart 1883—1885. 25 Taf. 4°.

[45]) Brezina und Cohen. Die Struktur und Zusammensetzung der Meteoreisen, erläutert durch photographische Abbildungen geätzter Schnittflächen. Stuttgart 1887. 4°.

[46]) Reichenbach C. v. Poggendorff's Annalen 1861. CXIV.

[47]) Rose G. Beschreibung und Eintheilung der Meteorite auf Grund der Sammlung im mineralogischen Museum zu Berlin. Abhandlungen der k. preuß. Akad. d. Wissenschaften. Berlin 1863.

[48]) Shepard. American Journ. of Sc. and Arts 1867. 2 ser. LXIII.

[49]) Daubrée A. G. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. 1867. t. LXX; Études synthétiques de Géologie expérimentale. Paris 1879; deutsch von Gurlt 1880 und Comptes rendus de l'Acad. des Sciences. 1866—1882.

[50]) Fletcher L. An introduction to the study of Meteorites with a list of the Meteorites represented in the Collection of the British Museum. London 1886.

[51]) Tschermak G. Beitrag zur Classification der Meteorite. Sitzungsberichte d. k. k. Akad. d. Wissenschaften. Wien 1883.

[52]) Lockyer Norm. The Meteoritic Hypothesis. London 1890.

[53]) Ueber die Theorien der Erde. Festrede in der k. bayer. Akademie der Wissenschaften, gehalten am 25. August 1837. Münchener gelehrter Anzeiger 1838; separat erschienen München 1844.

[54]) Fr. P. v. Gruithuisen. Ueber die Natur der Kometen, mit Reflectionen auf ihre Bewohnbarkeit und Schicksale. München 1811. — Kritik der neuesten Theorien der Erde und Sieg der Natur über dieselben. Landshut 1838.

[55]) Ampère A. M. Théorie de la terre. Revue des deux Mondes. 1833.

[56]) de la Beche H. T. Researches in theoretical Geology. London 1834. Deutsche Uebersetzung von Carl Hartmann. Quedlinburg und Leipzig 1836. — Traduction Française par Collegno. Paris 1838.

[57]) Mémoire de la Société d'histoire natur. de Neuchâtel. 1836. vol. I.

[58]) Philosophical Transactions 1839 (Researches in physical Geology) und 1840.

[59]) ibid. 1842.

[60]) Bischof G. Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers. Leipzig 1837.

[61]) Transactions of the Royal Society of Edinburgh 1862.

[62]) Thomson-Tait. Treatise of natural Philosophy. London 1862 oder Handbuch der theoretischen Physik; deutsch von Helmholtz-Wertheim. Braunschweig 1874.

[63]) The Age of the Earth. American journal of Science 1893. vol. XLV.

[64]) Sterry-Hunt. The Chemistry of the primaeval earth. Geol. Mag. 1868.

[65]) Mallet Robert. On Volcanic Energy. Philos. Trans. vol. CLIII. (Uebersetzt von Lasaulx. Bonn 1874.)

[66]) Lang O. Die Bildung der Erdkruste. Zeitschrift für die gesammte Naturwissenschaft. Halle 1873.

[67]) Sitzungsberichte d. k. bayer. Akad. d. Wissenschaften, mathem.-physik. Cl. 1881. S. 63.

[68]) N. Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie 2c. 1841. S. 565.

[69]) Faye H. Sur l'origine du Monde. 3 éd. Paris 1896.

2. Kapitel.

Physiographische Geologie.

Die Aufgabe der physiographischen Geologie fällt im Wesentlichen mit jener der Geophysik (oder physikalischen Geographie) zusammen und unterscheidet sich eigentlich nur dadurch, daß diese sich mehr mit der Beschreibung und genauen Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers, erstere mehr mit den Ursachen und Folgen dieser Verhältnisse beschäftigt. Geographie und Geologie berühren sich darum auf diesem Grenzgebiet so innig, daß eine scharfe Scheidung beider Disciplinen zur Unmöglichkeit wird.

Gewisse Fragen aus der Physiographie der Erde wurden bereits von den griechischen Philosophen eingehend erörtert und in einem großen, leider verloren gegangenen und nur durch spätere Auszüge bekannten Werke des Theophrast war das Wissen des Alterthums auf diesem Gebiete wahrscheinlich vollständig zusammengefaßt. Das erste Werk, das den Namen einer physikalischen Erdbeschreibung verdient, ist die berühmte Geographia generalis des Bernhard Varenius (Amsterdam 1650). Auf die inhaltsreichen Sammelwerke von Riccioli[1]) und Athanasius Kircher folgten 100 Jahre später die Lehrbücher des Holländers Lulofs[2]) und des Schweden Tobern Bergman[3]), von denen das letztere Werner und seinen zahlreichen Schülern als Muster diente. Alle Lehrbücher der Werner'schen Schule, namentlich die von Fr. Ambros Reuß, F. K. Richter[4]) und K. A. Kühn[5]) enthalten ausführliche Erörterungen über die Physiographie und Morphologie der Erdoberfläche.

In Frankreich hatte Buache (1756) den Begriff Géographie physique etwas enger begrenzt als seine Zeitgenossen; dagegen

schließt sich Desmarest in einem großen didaktischen, im Jahre 1795 begonnenen Werk in der Encyclopédie méthodique der gebräuchlichen Auffassung an. Das Werk wurde nach Desmarest's Tod von Bory de St. Vincent, Doin, Ferry und Huot fortgesetzt und erst 1828 abgeschlossen. Von den vier stattlichen Bänden, welche Desmarest selbst abgefaßt hatte und welche bis zum Buchstaben N reichen, enthält der erste eine Uebersicht und kritische Besprechung der wichtigeren Erdtheorien bis auf Pallas und Hutton. Die drei übrigen Bände sind mehr beschreibender Natur.

In Deutschland hielt kein geringerer, als Immanuel Kant die ersten akademischen Vorlesungen über physikalische Geographie. Nach neuen Gesichtspunkten sucht man freilich vergeblich in diesen, von Schülern veröffentlichten Collegienheften[6]); allein als erstes kurz gefaßtes Lehrbuch der physikalischen Geographie in deutscher Sprache hat das Kant'sche Werk doch eine nicht zu unterschätzende Bedeutung. Von sonstigen ältern deutschen Lehrbüchern mögen die Werke von Parrot[7]), Hochstetter[8]), C. Ritter[9]), Link[10]), Muncke[11]), Ed. Schmidt[12]) und C. Schmidt[13]) hervorgehoben werden.

Im Jahre 1827 und 1828 fanden Alexander v. Humboldt's berühmte Vorträge an der Singakademie und Universität in Berlin statt, und unter dem unmittelbaren Einfluß dieses großen Naturforschers entstand des jugendlichen Fr. Hoffmann's[14]) anregende physikalische Geographie. Unterstützt wurde die Wirkung dieses Werkes durch das fast gleichzeitige Erscheinen des physikalischen Atlas von Heinrich Berghaus (Gotha 1836), einer Sammlung von Karten, welche die Thatsachen der physikalischen Geographie in einer Reihe von übersichtlichen Bildern zusammenfaßte. Mit diesem ersten Versuch, das Gesammtwissen der physischen Erdkunde graphisch darzustellen, war eine neue Bahn eröffnet und ein Lehrmittel geschaffen, das bald auch anderwärts nachgeahmt wurde. So ist der schön ausgestattete Physical Atlas des Schotten Keith Johnstone der Hauptsache nach nur eine Nachbildung des Berghaus'schen Atlas, vermehrt durch einige Blätter über die physikalische Geographie Großbritanniens und einige Beiträge von zwei deutschen Mitarbeitern H. Lange und A. Petermann. Das Gotha'sche geographische Institut wußte übrigens seine Superiorität auf diesem Gebiete durch die Herausgabe einer neuen Auflage des physikalischen Atlas zu behaupten, welche 1886 bis 1892 unter der Redaction von Hermann

Berghaus, dem Neffen des Begründers dieses bahnbrechenden Werkes, erschien. In dieser Auflage ist die Hydrographie von H. Berghaus, die Meteorologie von J. Hann, der Erdmagnetismus von G. Neumayr, die Pflanzenverbreitung von O. Drude, die Thierverbreitung von W. Marshall und Hartlaub, die Völkerkunde von Gerland, die Geologie von H. Berghaus unter berathender Mitwirkung von K. v. Zittel bearbeitet.

Das Jahr 1845 bildet durch das Erscheinen des ersten Bandes des Kosmos von Al. v. Humboldt einen Markstein in der Geschichte der physischen Geographie. Diese großartige physikalische Weltbeschreibung bietet ein Gesammtbild des naturwissenschaftlichen Wissens aller Culturvölker bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts, wie es von einem Einzelnen vorher niemals entworfen wurde und voraussichtlich auch nie mehr versucht werden wird. Der Kosmos enthält nach dem Ausspruch Peschel's Tausende von Wahrheiten, von Thatsachen, von Messungen und von Werthen, welche das Beste und das Genaueste sind, was die damalige Wissenschaft zu bieten hatte; er ist eine imago mundi, ein Weltspiegel, wie er getreuer im Jahre 1845 nicht verfaßt werden konnte. Unmittelbar vor dem Kosmos war B. Studer's Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie (Bern, Chur und Leipzig 1844) erschienen, das in Bezug auf Klarheit der Anlage, Beherrschung des Stoffes und der Literatur und gedrängte Darstellung von keinem älteren Werk übertroffen war.

Unter der großen Zahl neuerer Hand- und Lehrbücher mögen nur noch Oscar Peschel's[15]) von Leipoldt herausgegebene physische Erdkunde, Siegmund Günther's[16]) durch erschöpfende Literaturangaben ausgezeichnete Geophysik, A. Supan's Grundzüge der physischen Erdkunde (Leipzig 1884), Elisée Réclus[17]) groß angelegte und an geistvollen Gesichtspunkten reiche Erdbeschreibung, und die von J. Hann, Ed. Brückner und A. Kirchhoff (1896) in fünfter Auflage herausgegebene Allgemeine Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny Erwähnung finden.

a) Gestalt, Größe und Schwere der Erde.

Die Bestimmung der Gestalt, Größe und Schwere der Erde sind zwar Aufgaben der Geographie und Geodäsie, haben aber für die Geologie eine so große Bedeutung, daß wenigstens eine flüchtige Darstellung der fortschreitenden Erkenntniß über diese Verhältnisse

hier nicht umgangen werden kann.*) Der naiven Anschauung der Naturvölker entspricht am besten die Homerische Vorstellung, wonach die Erde eine platte, vom Weltmeer umschlossene und vom Himmelsgewölbe bedeckte Scheibe darstellt. Aber schon Pythagoras und Aristoteles suchten, der Eine mit philosophischen Gründen, der Andere durch Beobachtung die Kugelgestalt der Erde zu beweisen. Die Versuche des Eratosthenes, Ptolemaeus und Posidonius, den Erdumfang durch Abmessen eines Längengrades zu bestimmen, lieferten keine exacten Resultate und konnten um so weniger wissenschaftlich verwerthet werden, als über die Größe der verwendeten Grundmaße (Stadien und Meilen) keine völlige Sicherheit zu erlangen war. Auf höchst unvollkommener Methode beruhen auch die Gradmessungen von Orontius Finaeus und Fernel in der Mitte des 16. Jahrhunderts.

Dem Holländer Willebrod Snellius gebührt das Verdienst, die Größe der Erde durch eine wissenschaftliche Methode festgestellt zu haben, auf welcher im Wesentlichen noch heute alle Gradmessungen beruhen. Im Jahre 1617 veröffentlichte er das Ergebniß seiner Messungen eines Erdgrades auf dem Bogen zwischen Alkmaar und Bergen op Zoom in Holland. Hatte man die Erde nach den Weltumseglungen im 16. Jahrhundert allgemein für eine Kugel gehalten, so kamen Cassini und Picard auf Grund von Gradmessungen, welche zuerst (1670) im Auftrag der französischen Akademie zwischen Malvoisine und Amiens ausgeführt und später (1683—1718) über ganz Frankreich ausgedehnt wurden, zu dem Ergebniß, unser Planet sei ein verlängertes Sphäroid, dessen Rotationsaxe mit dem längeren Durchmesser zusammenfalle. Dagegen erhoben Newton und Huyghens aus theoretischen Gründen Widerspruch und erklärten die Erde für ein an den Polen abgeplattetes Rotationssphäroid. Zur Entscheidung dieser Frage sandte die französische Regierung zwischen 1733 und 1744 zwei Expeditionen aus, von denen die eine unter der Leitung von Maupertuis eine Gradmessung in Lappland, die andere unter Bouguer und La Condamine eine solche in Peru ausführten. Diese beiden Expeditionen stellten mit Sicherheit fest, daß ein Meridiangrad unter dem Polarkreis größer sei als unter dem Aequator, und da-

*) Ausführlichere Mittheilungen über diese Fragen findet man in Peschel's Geschichte der Erdkunde und in S. Günther's Geophysik.

mit war die Frage im Sinne Newton's entschieden. Eine möglichst genaue Größenbestimmung der Erde bildete im vorigen und in diesem Jahrhundert den Gegenstand des Ehrgeizes der verschiedenen Nationen. Die zahlreichen zu diesem Behufe unternommenen Gradmessungen, unter denen nur die von Gauß zwischen Göttingen und Altona, die von Bessels und v. Baeyer zwischen Trunz, Königsberg und Memel (1831—1836), sowie die großartige von Struve zwischen Hammerfest und Bessarabien (1816—1851) ausgeführte besonders erwähnt sein mögen, bestätigen im Wesentlichen die von den französischen Expeditionen gewonnenen Resultate. Als Mittelwerthe aus verschiedenen von Airy, Bessels u. A. angestellten Berechnungen ergaben sich für die Erdaxe eine Länge von 1713, für den Aequatorialdurchmesser eine solche von 1719 geographischen Meilen. Im Jahre 1864 gelang es General v. Baeyer, den Plan einer neuen, großartigen, europäischen Gradmessung zur Anerkennung zu bringen und 1896 wurde die seit 20 Jahren thätige internationale Gradmessungscommission unter dem Vorsitz des französischen Astronomen Faye wieder erneuert.

Nachdem der französische Akademiker Richer 1672 in Cayenne die Beobachtung gemacht hatte, daß seine in Paris regulierten Uhren unter dem Aequator einer Verkürzung des Sekundenpendels bedurften, um richtig zu gehen, trat das Pendel in die Reihe der geodätischen Instrumente ein. Newton erklärte nämlich die von Richer beobachtete Thatsache sofort aus dem Gravitationsgesetz, wonach alle Theile der Erdoberfläche je nach ihrer Entfernung vom Erdmittelpunkt angezogen werden. Bouguer benutzte das Pendel während seines Aufenthaltes in Peru, und von nun an spielte dasselbe bei allen Bestimmungen über die Oberflächenbeschaffenheit der Erde eine wichtige Rolle.

Die hierbei gewonnenen Ergebnisse im Zusammenhalt mit den geodätischen Vermessungen der Erdoberfläche zeigten, daß weder das Rotationssphäroid noch irgend ein anderer regelmäßiger mathematischer Körper der wirklichen Gestalt der Erde entspricht, und daß nicht einmal der Meeresspiegel, wie früher allgemein angenommen wurde, eine gleichmäßige Niveaufläche bildet. Pendelbeobachtungen beweisen nämlich, daß, abgesehen von den durch Ebbe und Fluth, Schwankungen des Luftdruckes, Winde u. s. w. verursachten Unregelmäßigkeiten, noch andere viel beträchtlichere Ungleichheiten im Meeresniveau vorkommen, die nur durch eine constante Ursache erklärt

werden können. Schon A. v. Humboldt hatte von solchen örtlichen Störungen Kenntniß und erklärte sie durch die allgemeine Anziehungskraft der Erde. Rozet[18]) und Stokes[19]) schrieben der verschiedenen Dichtigkeit der Erdkruste und der Attraction von Festländern und Gebirgen einen erheblichen Einfluß zu.

Die 1842 von Saigey veröffentlichte Uebersicht aller aus Pendelbeobachtungen constatierten Unregelmäßigkeiten veranlaßten Philipp Fischer[20]) (1868) zu einer sorgfältigen Prüfung dieser Thatsachen. Das Fischer'sche Werk kritisiert die Fehlerhaftigkeit der bisherigen Bestimmungen der Erdgestalt und zeigt, daß die Verschiedenheit in der Dichtigkeit der continentalen und ozeanischen Massen Lothablenkungen über ausgedehnte Erdstriche veranlassen, und daß der Meeresspiegel durch benachbarte Continente angezogen und gehoben werden müsse. Bruns[21]) berechnete die auf solche Weise entstehenden Differenzen in dem Niveau der Meeresspiegel in der Mitte der Ozeane und an den Küsten auf 1000 Meter. Mag dieser Werth auch überschätzt sein, so steht doch fest, daß der Meeresspiegel keine constante Niveaufläche liefert, sondern sowohl durch Attraction von Gebirgen und Landmassen, als auch, wie Zöppritz und Penck[22]) nachzuweisen versuchten, durch andere Ursachen, wie Sedimentbildung, Ergüsse von Eruptivgesteinen, Bildung polarer Eisansammlungen in erheblichem Maße beeinflußt werden kann. Für die thatsächliche Gestalt der Erde mit ihren vielfachen Abweichungen vom Rotationssphäroid schlug Listing 1872 die Bezeichnung Geoid vor.[23])

Die Ermittelung der wahren Gestalt des Geoids bildet gegenwärtig eine Hauptaufgabe der internationalen Gradmessung. Durch Präcisionsnivellements und Gradmessungen allein läßt sich diese Frage allerdings nicht lösen; das Pendel dürfte darum auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Freilich hat sich gezeigt, daß die Pendelschwingungen keineswegs überall nur von der Entfernung vom Erdmittelpunkt abhängig sind, sondern daß namentlich im Innern der Continente Abweichungen vorkommen, die auf eine Verminderung der Schwere hinweisen. Faye nimmt darum an, es befänden sich unter dem Boden der Ozeane in Folge der stärkeren Abkühlung der Erdkruste dichtere, unter den Kontinenten weniger dichte Massen. Helmert[24]), Hergesell, Drygalski u. A. haben sich im Wesentlichen dieser Hypothese angeschlossen, halten jedoch die anziehende Wirkung, welche Continente auf benachbarte Meeresflächen ausüben, für mehr

oder weniger ausgeglichen durch die geringere Dichtigkeit der Erdkruste unter den Continenten. Die von R. v. Sterneck[25]) in Tirol, Südbayern, den Ostalpen, Karpathen und in der ungarischen Tiefebene angestellten Pendelbeobachtungen ergaben in der Regel in den Gebirgen Massendefecte, in den Ebenen Massenüberschüsse. Die Resultate der von Sterneck zusammengestellten und berechneten Pendelmessungen der k. k. österreichischen Marine und einer Anzahl europäischer und fremder Sternwarten lassen übrigens, wie es scheint, keinen bestimmten Zusammenhang der Dichtigkeit der Erdkruste mit ihrem tektonischen Bau erkennen.

Wichtiger noch als für die Feststellung der Oberflächengestaltung wurden Pendelbeobachtungen für die Ermittelung der Dichtigkeit oder des specifischen Gewichtes der Erde. Nach dem Gravitationsgesetze ist die Wirkung zweier Massen proportional ihrer Größe und verkehrt proportional dem Quadrate des Abstandes ihrer Anziehungsmittelpunkte. Wird somit ein Körper gleichzeitig der anziehenden Kraft der Erde und einer anderen Masse von beträchtlicher Schwere ausgesetzt, so läßt sich daraus die Dichtigkeit der Erde bestimmen.

Die beiden Schotten Maskelyne und Hutton versuchten zuerst in den Jahren 1774 bis 1776 die Erdschwere durch Lothablenkungen am Berg Shehallien in Perthshire zu ermitteln. Größe, Gestalt und Gewicht des freistehenden Berges wurden trigonometrisch und rechnerisch festgestellt und aus der Localattraction, welche das Bleiloth in der Nähe des Berges erlitt, die Erdschwere mit 4,713 bestimmt. Große Genauigkeit konnte dieses Resultat nicht besitzen, da die exacte Berechnung des Volumens und der Dichtigkeit einer Gebirgsmasse großen Schwierigkeiten unterliegt. Aus diesem Grunde lieferten auch die auf Berggipfeln, am Meeresufer oder in tiefen Schluchten und Bergwerken angestellten Pendelbeobachtungen, wie Bouguer und Condamine nach ihren berühmten Versuchen auf der Spitze des Pichincha und am Strande von Peru zeigten, nur Werthe von annähernder Richtigkeit. Immerhin kommen aber die von Carlini im Jahre 1824 auf dem Mont Cenis, die von Airy 1854 in einer Steinkohlengrube bei New-Castle und die von Mendenhall auf dem Gipfel des Fujiyama und bei Tokio (1880) durch Pendelschwingungen gefundenen Zahlen (4,39, 6,62 und 5,77) der Wahrheit ziemlich nahe.

Zuverlässigere Ergebnisse lieferte die von Mitchell construierte und nach dessen Tod von Cavendish (1797 u. 1798) für die Bestimmung der Erdschwere angewandte Drehwage. Cavendish erhielt auf diese Weise die Zahl 5,48 und fast zum gleichen Resultat (5,44 und 5,58) führten die von Reich in Freiberg in den Jahren 1837 und 1847 bis 1850 angestellten Versuche. Francis Baily erhielt aus mehr als zweitausend Beobachtungen im Jahre 1843 die Ziffer 5,66 für die Dichtigkeit der Erde; 1872 wiederholten A. Cornu und J. Baille die Untersuchungen mit der Drehwage und fanden im Sommer die Erdschwere 5,56, im Winter 5,50. Eine einfache und präcise Methode zur Bestimmung der Erdschwere ersann 1881 der Physiker Ph. v. Jolly.[26]) Eine feine zweiarmige Wage wurde im Oberstock des Thurms der Münchener Universität aufgestellt und an die beiden Schalen zwei andere Schalen an 21 Meter langen Drähten angehängt. Unmittelbar darunter wurde eine Bleikugel von 1 Meter Durchmesser gelegt. Aus den Gewichtsdifferenzen, welchen ein Körper in den oberen und unteren Schalen bei Anwesenheit oder Beseitigung der Bleikugel zeigt, ergab sich durch Rechnung das specifische Gewicht der Erde mit 5,69. Auf ähnlichem Wege erhielt J. H. Poynting (1892) die Ziffer 5,49.

Sämmtliche Gewichtsbestimmungen der Erde stimmen darin überein, daß die specifische Schwere der Erde als Ganzes erheblich größer ist, als jene der aus Gesteinen bestehenden Kruste, welche höchstens eine mittlere Dichtigkeit von 2,5 besitzt. Daraus ergibt sich aber auch die wichtige geologische Thatsache, daß die Erde im Innern weder hohl, noch mit Wasser erfüllt sein kann, sondern aus Substanzen von bedeutender Schwere bestehen muß.

b) Eigenwärme der Erde und Beschaffenheit des Erdinnern.

Daß der Einfluß der Sonne und der Atmosphäre auf die Temperatur des Erdbodens nur bis in eine geringe Tiefe reicht, ist ein uralter Erfahrungssatz; allein erst im vorigen Jahrhundert wurde ermittelt, daß je nach der geographischen Lage in einer Tiefe zwischen 10 und 25 Metern jeder äußere Einfluß verschwindet und in dieser sogenannten neutralen Zone eine constante Temperatur herrscht, welche ungefähr der mittleren Jahrestemperatur des Beobachtungsortes entspricht.

Unterhalb dieser Zone der constanten Temperatur nimmt in Bergwerken, wie bereits Athanasius Kircher (1664), Boyle (1671) und Boerhave (1732) erwähnen, die Wärme zu, und zwar kann diese Zunahme nur durch die Eigenwärme unseres Planeten erklärt werden. Die ersten zielbewußten Beobachtungen über die Temperaturen in Bergwerken wurden 1740 durch Gensanne in den Bleigruben von Giromagny (Vogesen) ausgeführt und ergaben eine Wärmezunahme von 1° C. für 92 Fuß. 1785 bestimmte Saussure in den Schachten des Salzwerkes von Bex (Wallis) die Wärmezunahme von 1° C. für 114 Fuß. Es folgten sodann 1790 und 1791 Messungen in den Gruben von Freiberg durch Freiesleben und Al. v. Humboldt, welche 1802 von d'Aubisson de Voisins fortgesetzt wurden. Alle diese Beobachtungen, zu denen noch einige von Lean in cornwall'schen, von Fantonetti in italienischen und von Al. v. Humboldt in südamerikanischen und mexicanischen Gruben kamen, bezogen sich auf die Temperatur der Grubenluft. Gegen die Zuverlässigkeit dieser Bestimmungen wurden wegen der in der Tiefe herrschenden Luftbewegung, Sprengarbeiten, Athmung von Thieren und Menschen u. s. w. von Cordier und Reich Bedenken erhoben. Dieselben Erwägungen ließen auch die Ergebnisse der von Fox in Bergwerken von Cornwall gemessenen Grubenwässertemperaturen unzuverlässig erscheinen. Cordier[27]) und Reich[28]) suchten die wahren Tiefentemperaturen dadurch zu ermitteln, daß sie Thermometer unter allen Vorsichtsmaßregeln in das Gestein einfügten und nun in der That etwas einwandfreiere Resultate erzielten. Die Beobachtungen von Cordier in französischen Steinkohlengruben ergaben eine mittlere Temperaturzunahme von 1° C. auf 25 Meter, während Reich Tiefenstufen von 129 Fuß (41,84 Meter) erhielt.

Seit 1828 ließen die Bergbehörden in Sachsen und Preußen fortdauernd Temperaturbeobachtungen in Gruben anstellen, welche im Mittel eine Zunahme von 1° C. auf 167 Fuß ergaben, jedoch so große Schwankungen (zwischen 48 und 355 Fuß) aufwiesen, daß ein allgemein gültiges Gesetz daraus nicht gefolgert werden konnte. In England ernannte die British Association for the advancement of Science vor etwa 20 Jahren eine besondere Commission für Untersuchungen der Bodentemperaturen und Leitungsfähigkeit der verschiedenen Gesteine für Wärme; es liegen jetzt auch eine große Menge von Beobachtungen aus Bergwerken der verschiedensten Länder

vor, die jedoch keine bestimmteren Resultate ergeben. Ueber die Temperaturverhältnisse in artesischen Brunnen und Bohrlöchern erstatteten schon Arago, G. Bischof[29]), C. F. Naumann[30]), in neuerer Zeit Huyssen[31]) und E. Dunker[32]) eingehende Berichte. Die beiden tiefsten Bohrungen von Sperenberg und Schladebach wurden durch Oberbergrath E. Dunker in Halle mit größter Genauigkeit überwacht, und auch die Berechnung der Tiefenstufen mit äußerster Sorgfalt von E. Dunker und Henrich durchgeführt. Als Resultat der in verschiedenen Ländern angestellten Bohrungen ergibt sich unterhalb der invariabeln Zone bis zu einer Tiefe von 1800 Meter eine Temperaturzunahme von 1° C. in Stufen von ca. 30 bis 34 Metern.

Eine Bestätigung der durch Bohrlöcher gewonnenen Ergebnisse lieferten die großartigen Eisenbahntunnels durch die Alpen. Ueber den Mont Cenis-Tunnel veröffentlichten 1870 der italienische Geologe Giordano, über den Gotthard-Tunnel der deutsche Bergingenieur Stapff (1877—1880) genaue Beobachtungen. In der Mitte des Mont Cenis-Tunnels wurde bis 6450 Meter Entfernung vom Südportal in einer Tiefe von 1609 Metern unter der Oberfläche eine Temperatur des Gesteins von 29,5° C., im Gotthard-Tunnel in der Mitte eine solche von 30,8° C. constatiert. Ueber die Temperaturverhältnisse im Arlberg-Tunnel berichtete O. J. Wagner (Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt 1884, S. 743).

Trotz der zahlreichen, auf localen Ursachen beruhenden Unregelmäßigkeiten in der Temperaturzunahme läßt sich eine solche wenigstens bis zu den erreichbaren Tiefen nicht in Abrede stellen, und daß die in Bergwerken, Bohrlöchern und Tunnels beobachteten Temperaturen in größerer Tiefe noch weit übertroffen werden, beweist das reichliche Vorkommen von heißen aufsteigenden Quellen, die weder an bestimmte geologische Formationen, noch an die Nachbarschaft von Vulkanen gebunden sind. Ob übrigens die geothermischen Zonen in größerer Tiefe in langsamerer Progression zunehmen als in der Nähe der Oberfläche, läßt sich aus den vorhandenen Beobachtungen absolut nicht ermessen. Es sind darum auch alle Berechnungen über die in unzugänglichen Tiefen herrschenden Temperaturen wenig verläßlich, und wenn heute auch von keinem Geologen geläugnet wir, daß die Temperaturzunahme nach der Tiefe ihre Ursache in der Eigenwärme unseres Planeten findet, und daß im Erdinnern gewaltige Wärmemengen aufgespeichert sein müssen, so genügen doch, wie Hann über-

zeugend nachgewiesen, die vorhandenen Daten nicht, um die im Erdinnern herrschende Hitze oder die Dicke der Erdkruste daraus mit Sicherheit zu berechnen.

Immerhin sprechen die Thermen und Geysire für Temperaturen in der Erdkruste, welche den Siedepunkt erreichen und die allgemeine Verbreitung der Vulkane deutet auf noch viel höhere Hitze im Erdinnern hin. Die Schlußfolgerung, wonach ein feuerflüssiger Erdkern von einer verhältnißmäßig dünnen Rinde umgeben sei, galt darum in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts für ein fast unanfechtbares Dogma und wurde von Autoritäten, wie Arago, Humboldt, Fourier, Cordier, v. Buch, Elie de Beaumont, B. Studer, Naumann u. A. vertreten. Ueber die Dicke der Rinde gingen die Meinungen allerdings ziemlich weit auseinander, je nachdem man für die Wärmezunahme eine arithmetische Progression oder in größerer Tiefe weitere Abstände für die geothermischen Zonen in Rechnung stellte. Humboldt und Elie de Beaumont schätzten die Dicke der Erdkruste auf 40 bis 50 Kilometer, Ami Boué auf 100 Kilometer, Cordier und Naumann auf nicht mehr als 14 geogr. Meilen, Pfaff[33]) auf 80 bis 90 Kilometer, Pilar[34]) auf 120 Kilometer, Fischer[35]) auf 25 englische Meilen. Bei der Unsicherheit der Anhaltspunkte für eine genaue Berechnung kann die Verschiedenheit dieser Zahlen nicht befremden. Daß Hopkins noch viel höhere Werthe für die Dicke der Erdkruste berechnete, wurde bereits früher erwähnt; doch sind dessen Voraussetzungen nach Delaunay[36]), Zöllner und O. Fischer nicht einwandsfrei.

An Zweifeln gegen die Hypothese eines Centralfeuers oder doch eines feuerig-flüssigen Erdinnern fehlte es freilich nicht. So hatte der Chemiker Davy anfänglich einen aus Erd- und Alkalimetallen bestehenden Erdkern angenommen und die in der Tiefe herrschende Temperatur durch chemische Processe erklärt, eine Ansicht welcher später auch de la Rive und Ch. Lyell zuneigten. Moyle (1822) und Parrot (1829) bekämpften die Hypothese eines Centralfeuers mit ganz unhaltbaren Gründen. Poisson[37]) stellte die Hypothese auf, die ursprünglich feuerflüssige Erdkugel habe abwechselnd sehr heiße und sehr kalte Regionen des Weltraums durchwandert und ihre Erstarrung habe nicht an der Oberfläche, sondern vom Mittelpunkt aus begonnen. Letztere Ansicht widerlegte G. Bischof durch seine bereits früher erwähnten Abkühlungsversuche mit geschmolzenen Basaltkugeln. Volger erklärt

die Erdwärme theils für ein Product des Druckes, welchen die höheren Gebirgsmassen auf ihre Unterlage ausüben, theils durch den beständig in der Erdkruste vor sich gehenden Stoffumsatz und auch der ultraneptunistische Chemiker Mohr[38]) hält die innere Erdwärme für in Wärme umgesetzte Sonnenarbeit. Die unter Einfluß der Sonne entstehenden Wasserdämpfe dringen nach Mohr als meteorisches Wasser in den Boden, beladen sich dort mit löslichen Substanzen, schaffen zahllose Hohlräume, welche Bewegungen und Einstürze in der Erdkruste verursachen und dabei Wärme erzeugen. Die Unhaltbarkeit dieser Hypothese wurde von Pfaff rechnerisch dargelegt.

Lichtenberg's und Franklin's Annahme[39]), die feste Erdkruste umschließe eine halb gasartige, halb elastisch-flüssige Masse von sehr großer Dichtigkeit, fand den Beifall des Philosophen Herbert Spencer[40]) und wurde in neuester Zeit wieder durch A. Ritter[41]) und den Geographen Zöppritz[42]) mittelst der mechanischen Wärmetheorie zu begründen versucht. Darnach soll unter der festen Kruste eine Zone von zähflüssiger, dann von dünnflüssiger Beschaffenheit folgen. Der Erdkern selbst aber soll in seinem äußeren Theil aus glühend heißen Gasen in normalem, in dem inneren aber aus solchen im überkritischen Zustand bestehen. Die Gase des Erdkernes stünden in Folge des hohen Druckes in Bezug auf Dichtigkeit nicht hinter flüssigen oder festen Körpern zurück.

Als Vorkämpfer der Rigiditätstheorie der Erde ist in erster Linie der englische Physiker Hopkins zu nennen, auf dessen geistvolle Untersuchungen bereits früher (S. 250) hingewiesen wurde. Da sich die Erde gegenüber der Attraction anderer Weltkörper wie eine feste Masse verhält und die Erscheinungen der Präcession und Nutation angeblich nicht vereinbar sind mit einem auch nur theilweise flüssigen oder plastischen Zustand der Erde, so folgert Hopkins daraus, daß sie im Innern in Folge der Abkühlung und des daselbst herrschenden hohen Druckes zum großen Theil verfestigt sei. Wie Hopkins, so sprachen auch Poisson und Ampère[43]) den Gedanken aus, das Erdinnere könne nicht flüssig sein, weil sonst unter dem Einfluß der Mondattraction gewaltige Fluthwellen an der festen Kruste zu bemerken sein müßten.

Dem in der Tiefe herrschenden hohen Druck und der dadurch bewirkten Verdichtung des Erdinnern legen auch die Physiker G. H. Darwin[44]) und W. Thomson (Lord Kelvin)[45]) großes Gewicht bei.

Der erstere schließt sich in Bezug auf das Verhalten der Erde gegen Sonne und Mond den Anschauungen von Hopkins an und sucht durch Rechnung nachzuweisen, daß sich bei einem feuerigflüssigen Erdinnern ebbe- und fluthähnliche Erscheinungen zeigen müßten, denen nur eine 2000 bis 2800 englische Meilen dicke Rinde widerstehen könnte; überdies würden bei einer Nachgiebigkeit des Erdkörpers die ozeanischen Gezeiten nicht allein durch die Anziehung von Sonne und Mond, sondern auch durch Deformationen des Erdsphäroids bedingt werden, wofür keinerlei Anzeichen vorlägen. Darwin nimmt darum an, daß sich die Erde wie ein völlig starrer Körper verhalte und wahrscheinlich eine viscos-elastische Beschaffenheit besitze.

William Thomson vertritt im Wesentlichen denselben Standpunkt und schreibt dem Erdkörper eine Starrheit zu, die zwischen jener von Stahl und Glas die Mitte halte. Ausgehend von der Nebulartheorie nimmt Thomson an, daß die erkalteten und dadurch schwerer gewordenen Massen in die Tiefe sanken, dort anfänglich einen centralen Kern bildeten, der sich bei fortdauernder Abkühlung von innen nach außen vergrößerte, bis schließlich fast die ganze Erde eine starre Masse wurde. Gegen diese Hypothese machten Ries und Winkelmann[46]) geltend, daß nicht nur eine Anzahl von Metallen, sondern auch Silikatverbindungen im Augenblick ihres Festwerdens eine Verminderung ihrer Dichte erleiden, so daß sie in einer schmelzflüssigen Masse nicht untersinken können.

Der Amerikaner Barnard kommt, wie Hopkins und Darwin, aus dem Verhalten der Erde gegen die Attraction anderer Weltkörper zur Annahme eines sehr hohen Starrheitscoëfficienten des Erdkörpers. C. Reyer[47]) tritt ebenfalls für die Starrheit des Erdinnern ein, nimmt jedoch an, das an sich starre Erdmagma sei derart mit Lösungen und Gasen durchtränkt und imprägniert, daß es bei Aufhebung oder Ermäßigung des in der Tiefe herrschenden Druckes durch Zerreißungen der Kruste in weichen (viscosen) oder flüssigen Zustand übergehen und eruptionsfähig werden könne.

Im Gegensatz zu diesen „Rigidisten“ beharren viele Geologen wenigstens theilweise bei der älteren Anschauung, indem sie unter der festen Erdkruste eine Zone feuerflüssiges Magma annehmen, bezüglich des Erdkerns dagegen einen vermittelnden Standpunkt vertreten. So glaubt z. B. Sterry Hunt[50]), die Erstarrung des ursprünglich feuerigflüssigen Erdballs habe in den centralen Regionen begonnen.

An der noch geschmolzenen Oberfläche entstand unter dem hohen Druck der atmospärischen Wasserdämpfe und Kohlensäure, eine mit Wasserdampf imprägnierte breiartige Masse, in welcher sich die mannigfaltigsten chemischen Processe abspielten und schließlich eine feste Kruste bildeten. Die tieferen Lagen dieser Kruste gelangten nach und nach wieder in den Bereich der von innen herauswirkenden Hitze und gingen in einen eigenthümlichen Zustand des „wässerigen Schmelzflusses“ über. Diese Zwischenschichte zwischen der Kruste und dem festen Kern ist nach Sterry-Hunt die Region, in welcher man den Sitz der plutonischen und vulkanischen Eruptionen zu suchen hätte.

J. Dana[51]) ist der Meinung etwa zwei Drittheile der Erdmasse seien aus Eisen zusammengesetzt und dieses bilde einen starren centralen Kern, über welchem ein zähflüssiges heißes Magma eine Zwischenschicht bis zur festen Kruste bilde, deren Dicke auf 7 bis 8 Meilen geschätzt wird. Auch Wadsworth[52]), O. Fisher, Hennessy[53]), Pilar[34]) treten mit großer Entschiedenheit für einen gluthflüssigen Zustand des Erdinnern ein und zwar für einen Gluthbrei, auf welchem die Erdkruste ruht. A. Streng[54]) hält eine Anordnung der ursprünglich schmelzflüssigen Masse unseres Erdkörpers nach dem specifischen Gewicht für wahrscheinlich. Die schwerflüssigen basischen Silikate und Metalle bilden eine tiefere, die leichtflüssigen Silikate eine äußere Zone des gluthflüssigen Erdinnern. Der centrale Kern ist eine feste Kugel, auf welche verschiedene flüssige und feste Zonen wie Kugelschalen folgen.

Wie aus den mitgetheilten Thatsachen hervorgeht, herrscht über die Beschaffenheit des Erdinnern noch große Unsicherheit. Daß sich jedoch unterhalb der festen Kruste ein beträchtlicher, nach der Tiefe zunehmender Wärmeschatz vorfindet, welcher kaum anders zu deuten ist, denn als Ueberrest des ursprünglich glühenden Zustandes unseres Planeten, wird gegenwärtig allgemein angenommen und damit auch den Theorien über Erdbildung eine bestimmte Richtung vorgeschrieben.

Siegm. Günther[55]) gelangt nach einer erschöpfenden Darstellung und Abwägung der verschiedenen Ansichten über die Beschaffenheit des Erdinnern zu dem Resultat: Im Innern des Erdballs sind alle überhaupt denkbaren Aggregatzustände zwischen nahezu totaler Starrheit und absoluter Dissociation vorhanden, und zwar gibt es keine wie immer beschaffene Trennungsflächen, sondern der Uebergang ist

ein absolut lückenloser, so daß zwei nächst benachbarte, unendlich dünne Kugelschalen auch hinsichtlich ihrer Molekularbeschaffenheit einen wenn auch noch so geringen Unterschied aufweisen müssen.

c) Morphologie der Erdoberfläche.

Ueber die Vertheilung, räumliche Ausdehnung und gestaltliche Ausbildung der verschiedenen, die Erdoberfläche zusammensetzenden Elemente hatten schon Strabo und Seneca beachtenswerthe Gedanken ausgesprochen. Die Werke von Varenius und Athanasius Kircher enthalten die ersten Versuche einer systematischen Betrachtung der Oberflächenformen unter Hinweis auf deren Ursache und Entstehung. Mit der Ausbildung der Erdoberfläche in ihrer jetzigen Erscheinung beschäftigen sich auch fast alle Theorieen der Erdbildung vom 17. Jahrhundert an bis auf die Gegenwart und man darf wohl behaupten, daß die jeweils herrschenden, geologischen Anschauungen einen wesentlichen Einfluß auf die Auffassung der Oberflächenformen ausübten. Mit besonderem Nachdruck betonten namentlich Hutton und Playfair die Wirkungen von Wasser und Wärme und auch Werner und seine Schüler hatten die Haupterscheinungen der morphologischen Gliederung der Erde, wie Continente, Inseln, Gebirge, Einzelberge, Ebenen, Thäler u. s. w. theils mit der Zusammensetzung und Struktur des Bodens, theils mit geologischen Begebenheiten in Beziehung gebracht. Von Scheuchzer, Michell und ganz besonders von Pallas und Saussure wurde der Zusammenhang zwischen Form und Struktur der Gebirge in überzeugender Weise dargelegt. So fußte also die ältere Lehre von der Oberflächengestaltung wesentlich auf einer genetischen Grundlage. Mit der wachsenden Kenntniß der Erdoberfläche und der Durchforschung ferner Welttheile stellte sich aber auch mehr und mehr das Bedürfniß ein, aus der Fülle von Einzelerscheinungen das Gemeinsame und Unterscheidende aufzusuchen und die unendliche Mannigfaltigkeit der äußeren Formen nach allgemeineren Gesichtspunkten zu ordnen und zu bezeichnen. Joh. Reinhold Forster's[56]) philosophische Gedanken über Configuration der Festländer, über Struktur und Lage der Inseln, über Gebirge, Küstenausbildung u. s. w. bilden den Anfang einer speculativen Betrachtungsweise der Erdoberfläche mit dem Bestreben, aus „geographischen Homologieen“ allgemeine Gesetze zu entwickeln. Diese von H. Steffens, C. Ritter, A. Boué, Klöden und vielen

Anderen verfolgte Richtung hat allerdings den erhofften Erwartungen nur in bescheidenem Maße entsprochen, aber sie lenkte die Aufmerksamkeit wieder mehr auf die formale Oberflächenbetrachtung hin. Durch Humboldt's, auf persönlicher Anschauung beruhende Schilderungen des tropischen Amerika, durch seine bewunderungswürdigen Naturgemälde, durch seine meisterhafte Zeichnung bestimmter geographischer Typen und durch seine classische Beschreibung Centralasiens erhielt die Wissenschaft schwer zu übertreffende Muster morphologischer Darstellungen. Carl Ritter hat zwar eigene Forschungsreisen nicht ausgeführt, „Aber nie sind die gesammten Kenntnisse über einen Complex von Erdräumen, die Forschungen und Beobachtungen Anderer mit größerer Vollständigkeit und tiefer von philosophischen Gedanken zusammengestellt worden, als er es in seinem Monumentalwerk über Asien gethan hat. Sein Streben ist dahin gerichtet, an die Stelle der geistlosen Länderbeschreibung seiner Vorgänger chorologische Darstellungen zu setzen, das heißt, die aus den verschiedensten Quellen fließende Kunde zu einem organischen, durch das Causalitätsprincip verbundenen und vergeistigten Ganzen zu verarbeiten“.[57])

Tritt schon bei Humboldt und noch mehr bei C. Ritter die Beachtung der formalen und räumlichen Verhältnisse, gegenüber der genetischen, in den Vordergrund, so konnte die in der Mitte dieses Jahrhunderts beginnende moderne Periode der geographischen Entdeckungen diese beschreibende Richtung nur in hohem Grade fördern. Die Fülle von neuen Thatsachen, welche Reisende aller Nationen aus fernen Welttheilen nach Hause brachten, erweiterten in ungeahnter Weise den Ueberblick der gestaltlichen Ausbildung unserer Erdoberfläche. Eine wissenschaftliche Vertiefung erhielt die Oberflächenkunde jedoch nicht in dem erwarteten Maße. Die meisten Reisebeschreibungen begnügten sich mit hergebrachten Begriffen, mit mehr oder weniger genauen Beschreibungen und Abmessungen unter Vernachlässigung genetischer Gesichtspunkte. Auch die morphologischen Abschnitte der geographischen Lehrbücher der damaligen Zeit zeigen meist ein einseitig formales Gepräge. Ja sogar in C. F. Naumann's trefflichem Lehrbuch der Geognosie, welches den Oberflächenverhältnissen einen ausführlichen Abschnitt widmet und zum erstenmal den Ausdruck Morphologie der Erdoberfläche anwendet, tritt das genetische Moment neben dem rein descriptiven sehr in Hintergrund.

Abgesehen von einigen älteren Vorarbeiten (Varenius, Ath. Kircher, T. Bergman und Buache) hat Humboldt für die morphologische Behandlung der Landoberfläche die wissenschaftliche Grundlage geschaffen. Seine Berechnungen der mittleren Höhe der großen Landmassen[58]) bilden den Ausgangspunkt einer Reihe von Untersuchungen, an denen sich besonders A. de Lapparent (1883), v. Tillo (1889), John Murray (1888), Leipoldt, Heiderich, Krümmel, Supan, Penck und Herm. Wagner betheiligten, und die nach und nach zu immer genaueren Bestimmungen führten.

Höchst anregend wirkten auch Ritter's Betrachtungen über Gliederung der Festländer und Inseln und noch erfolgreicher wurden Humboldt's Leistungen auf dem Gebiete der Orographie. Hier[59]) schuf er eine noch jetzt gültige Terminologie für die wichtigeren Fundamentalbegriffe, die dann später durch v. Sonklar[60]) bis ins feinste Detail ausgearbeitet wurde.

Neben der Orographie entwickelte sich die Ozeanographie zu einem selbständigen Zweig der Morphologie der Erdoberfläche. Ueber das noch recht beschränkte Wissen auf diesem Gebiete im Anfang dieses Jahrhunderts gab Otto[61]) 1808 einen ziemlich vollständigen Ueberblick. Wesentlich günstiger gestaltete sich das Bild ungefähr fünfzig Jahre später in dem trefflichen Werk des amerikanischen Nautikers Maury.[62]) Die Kenntniß der Flächenausdehnung der Ozeane, der Küstengliederung, der Tiefenverhältnisse in den seichteren Binnenmeeren und an den Küsten des atlantischen und indischen Ozeans, der Meeresbewegungen durch Gezeiten und Strömungen, der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meerwassers, der Bewohnbarkeit der Ozeane u. s. w. hatte gewaltige Fortschritte gemacht; allein über die Tiefen- und Temperaturverhältnisse der großen Ozeane, über ihre Bodenbeschaffenheit, über die dort vorhandenen Sedimente und über die pflanzlichen und thierischen Bewohner der abyssischen Regionen herrschten noch immer unsichere und irrthümliche Vorstellungen. Immerhin konnte Maury, gestützt auf drei für die transatlantische Kabellegung gemessene Linien, das erste Querprofil und die erste Tiefenkarte des nordatlantischen Ozeans entwerfen, woraus Peschel 1868 die mittlere Tiefe desselben berechnete. Durch die in den Jahren 1872—1876 fast gleichzeitig ausgeführten wissenschaftlichen Expeditionen des englischen „Challenger“, der deutschen „Gazelle“ und der amerikanischen „Tuscarora“, denen später eine

ganze Reihe ähnlicher Unternehmungen folgten*), trat ein völliger Umschwung in der Ozeanographie ein. Mit Senkloth, Tiefenthermometer und Schleppnetz wurden die Meere aller Breiten und Zonen durchforscht. Noch im Jahre 1843 kannte Humboldt keine größere gelothete Tiefe als 2000 Meter. Mit dem reichen von der „Tuscarora" und dem „Challenger" gelieferten Beobachtungsmaterial war Sam. Haughton 1876 im Stande, die mittlere Tiefe des pacifischen, atlantischen und indischen Ozeans zu berechnen und daraus für die großen Ozeane zusammen den Mittelwerth von 3000 bis 3650 Meter festzustellen. Krümmel's[63]) auf alle bis 1878 bekannten Thatsachen gestützte, ungemein sorgfältige Berechnung der Meerestiefen und Meeresflächen ergab für die Weltmeere eine mittlere Tiefe von 3438 Metern. So lieferte das auf directem Wege durch Messung gewonnene Ergebniß ähnliche Werthe wie die Berechnungen aus den Gezeiten durch Thomas Young (1807), Haughton, Whewell und Ferrel und aus den Erdbebenfluthwellen durch Bache (1857), Airy, Peschel (1869) und v. Hochstetter (1868). Mit der genaueren Kenntniß der Configuration und Tiefe der Meeresbecken wurde aber auch den Hypothesen von Athan. Kircher, Buache, Bergman, Im. Kant, C. Ritter u. A. über untermeerische Gebirge, versunkene Gebirgsketten und Fortsetzungen continentaler Höhenzüge in den Ozean ein Ende bereitet. Nicht in der Mitte der ozeanischen Meeresbecken, sondern in der Nähe der gebirgigen Küsten befinden sich in der Regel die größten Meerestiefen. Die Unabhängigkeit der orographischen Ausbildung der Festländer von jener der gewaltigen ozeanischen Vertiefungen konnte, wie in einem anderen Abschnitt gezeigt werden soll, nicht ohne maßgebenden Einfluß auf die Ideen über Entstehung der Continente, Meere und Gebirge der Erdoberfläche bleiben. Wohl fehlt es dem Meeresgrund keineswegs an erheblichen Niveauverschiedenheiten; flache Rücken, ausgedehnte Plateaus mit langsam ansteigenden Böschungen, schmale, kanalartige Depressionen, kesselartige Vertiefungen bis 6000, ja sogar bis 8500 Meter, oder wellenförmige Anschwellungen finden sich in allen Weltmeeren, allein unter dem Meeresspiegel giebt es keine

*) Eine vollständige Zusammenstellung der an der Erweiterung unserer wissenschaftlichen Erkenntniß der Ozeane betheiligten Expeditionen bis zum Jahre 1883 findet sich in Boguslawsky's Handbuch der Ozeanographie. Bd. I. S. 390 bis 400.

Erosion und darum keine zackigen Berggipfel, keine Kämme, keine Thäler und Schluchten. Die Oberfläche der ozeanischen Becken zeigt vielmehr eine einförmige, in sanften Linien flachwellige Beschaffenheit, die im Wesentlichen hervorgerufen wird durch die daselbst vorhandenen Sedimente. Das Gesammtwissen über die vom Meer bedeckten Theile der Erdoberfläche bis in die neueste Zeit ist in Boguslawsky's und Krümmel's Handbuch der Ozeanographie, Bd. I u. II (Stuttgart 1884 u. 1887) in vortrefflicher Weise dargestellt.

Durch die Ausbildung der beschreibenden und formalen Morphologie der Erdoberfläche hatte sich die ehemalige enge Verbindung zwischen Geologie und Physiographie der Erde etwas gelockert. Allein das Bestreben, die vorhandenen Formen nicht nur zu beschreiben, zu messen, zu vergleichen und nach ihrer Verbreitung zu verfolgen, sondern auch durch ihre Entstehung und Entwickelung zu erklären, führte die getrennten Schwestern bald wieder zusammen. Der Anlaß zu dieser neuen genetischen Strömung, welche J. Thurmann schon 1832 für den westschweizerischen Jura in geistvoller Weise inauguriert hatte, ging von Nordamerika aus und zwar zunächst von den Geologen James Dana und Leslie und den im fernen Westen arbeitenden geologischen Pionieren Newberry, Hayden, Powell, Dutton, Gilbert, Hague u. A. Die großartigen Erosionserscheinungen in den Bad Lands, die Configuration der Rocky Mountains und der Plateauländer in Arizona, Colorado und New-Mexico, die Wunder des Yellowstone-Parkes und Californiens riefen eine neue und reiche Literatur hervor, welche geradezu die Thätigkeit des Wassers als formbildendes Element verherrlicht und die Oberflächenbildung jener Regionen der Hauptsache nach als das Werk der Wassererosion erkennt. In ähnlicher Richtung arbeiten Davis, Shaler, Mac Gee, Chamberlin u. A. im Osten und in den Mittelstaaten, wo allerdings nicht-Wasser, sondern Eis als formbildendes Element im Vordergrund steht. Auch in Groß-Britannien traten unabhängig von den Amerikanern B. Jukes, Ramsay und die beiden Geikie's als Vorkämpfer der neuen Richtung auf. In der Schweiz hatte L. Rütimeyer durch eine glänzende Abhandlung über Thalbildung, Desor durch geistvolle Aufsätze über Wüsten- und Moränenlandschaften bahnbrechend gewirkt und in A. Heim, Baltzer, Fellenberg, du Pasquier u. A. begabte Nachfolger gefunden. In Frankreich stehen de Lappa-

rent[64]), Ch. Velain, de la Noë und de Margerie[65]), in Skandinavien Torell, F. Helland, Holst u. A., in Rußland J. W. Muschketow und Lewakowsky an der Spitze der modernen Richtung, deren systematische Ausbildung als methodische Discidlin zuerst in Deutschland, und zwar durch Oskar Peschel[66]) angeregt worden war. Anstatt der früheren formalen Gruppierung der Oberflächenformen sucht man jetzt nach Typen von übereinstimmender Entstehung und die systematische Behandlung der Erdmorphologie auf genetischer Grundlage findet mehr und mehr Beifall. Was Peschel anstrebte, aber nur in unvollkommener Weise zu erreichen vermochte, verwirklichte Ferd. v. Richthofen in seinem Führer für Forschungsreisende.[67]) Dieses zunächst als Anleitung zu Beobachtungen auf Reisen bestimmte, zum größten Theil auf persönlichen Anschauungen des Verfassers während seiner langjährigen wissenschaftlichen Wanderungen in den Alpen, Karpathen, in Nordamerika und China fußende Werk, ist in Deutschland für die methodische Behandlung der Oberflächenbetrachtung maßgebend geworden. Ganz im Geiste der Richthofen'schen Anschauungen bewegen sich, um nur einige Beispiele zu nennen, die Arbeiten von Supan, Löwl, Tietze, Philippson, Hilber u. A. über Thalbildung und Verschiebung von Wasserscheiden, von Penck, Partsch, Brückner, Diener, A. Böhm, Gerland, E. Geinitz u. A. über glaciale Bodengestaltung, von Joh. Walther über Wüstenbildung und Winderosion.

Die schwierige Aufgabe, eine den heutigen Erfahrungen entsprechende systematische Darstellung der Morphologie der Erdoberfläche auf genetischer Grundlage durchzuführen, löste mit großem Geschick Albr. Penck.[68]) Die gewaltige Masse des vorhandenen wissenschaftlichen Materials ist in diesem grundlegenden Werk mit großer Literaturkenntniß zusammengefaßt, methodisch geordnet und in knapper, lichtvoller Form dargelegt. Das Werk zerfällt in drei Abtheilungen. Im ersten Buch (Allgemeine Morphologie) findet man außer den nothwendigen Definitionen Erörterungen über morphometrische Begriffe und Methoden, über Größe und Gliederung der Land- und Meerflächen und über den senkrechten Aufbau der Erdkruste (Höhenstufen, mittlere Höhen und Tiefen, Wasservertheilung). Das zweite Buch handelt von der Landoberfläche, und zwar zuerst in ausführlicher Weise von den Kräften, welche verändernd und gestaltend auf dieselbe einwirken (Verwitterung, Massenbewegungen und Massentrans-

port, Erosion, Gletscherwirkungen, endogene Vorgänge) und dann von den Formen der Landoberfläche selbst. Letztere werden nach Kategorien geschildert, wobei vorwiegend genetische, zum Theil aber auch formale Gesichtspunkte für die Eintheilung maßgebend sind. In ähnlicher Weise wie das Festland wird im dritten Buch das Meer behandelt. Auch hier sind zuerst die dynamischen Kräfte (Brandung, Gezeiten, Strömungen u. s. w.) als formbildende Factoren erörtert, denen die Küsten, Inseln und der Meeresgrund ihre heutige Gestalt verdanken.

Ein Vergleich des Richthofen'schen Führers für Forschungsreisende oder von Penck's Morphologie mit älteren Darstellungen der Orographie und Hydrographie zeigt am deutlichsten die Wandlung, welche sich auf diesem Gebiete der Erdkunde vollzogen hat. An Stelle der rein formalen Behandlungsweise ist jetzt allenthalben das genetische Princip getreten. Physiographie und Dynamik der Erde ergänzen und erklären sich gegenseitig, und damit schließt sich wieder die Kette, welche die jetzige Gestaltung und die allmähliche Entstehung der Erdoberfläche mit einander verbindet.

Anmerkungen zum 2. Kapitel der 4. Periode.

[1]) Riccioli. Geographia et Hydrographia reformata. Bononiae 1661.

[2]) Lulofs J. Inleidinge tot eene natuur. En wiskoundige beschouwing des aardklots. Leyden 1750; ins Deutsche übersetzt von Kästner unter dem Titel: Anleitung zur mathematischen und physikalischen Erkenntniß der Erdkugel. Göttingen 1755.

[3]) Bergman Tobern. Physikalische Beschreibung der Erdkugel; aus dem Schwedischen übersetzt von L. H. Röhl. Greifswald 1769. 8°.

[4]) Richter F. K. Taschenbuch zur Geognosie. Freiberg 1812.

[5]) Kühn K. A. Handbuch der Geognosie. Freiberg 1833.

[6]) Kant Immanuel. Vorlesungen über physische Geographie, auf Verlangen Kant's aus seiner Handschrift herausgegeben von Rink. Königsberg 1802. (Eine andere Ausgabe in 2 Bänden wurde von Vollmer 1801 und 1802 veröffentlicht.)

[7]) Parrot G. F. Grundriß der Physik der Erde und Geologie. Riga und Leipzig 1815.

[8]) Hochstetter F. Allgemeine mathematische und physikalische Erdbeschreibung. Stuttgart 1820—1823.

[9]) Ritter Carl. Allgemeine vergleichende Geographie. Berlin 1822.

[10] Link H. F. Handbuch der physikalischen Erdbeschreibung. 2 Bände. Berlin 1826—1830. 8°.

[11] Muncke. Handbuch der mathematischen und physischen Geographie nebst Atmosphärologie. Heidelberg 1830.

[12] Schmidt J. C. Ed. Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie. Göttingen 1830.

[13] Schmidt C. Physische Geographie oder Darstellung unserer Erde nach ihrer natürlichen Beschaffenheit und Einrichtung. Leipzig 1832. 4°.

[14] Hoffmann Fr. Physikalische Geographie; herausgegeben von Dechen. Berlin 1837.

[15] Peschel Oscar. Physische Erdkunde, nach hinterlassenen Manuscripten bearbeitet und herausgegeben von Gustav Leipoldt. Leipzig 1879.

[16] Günther Siegmund. Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie. 2 Bände. Stuttgart 1884—1885. 2. Aufl. 1897—1899.

[17] Réclus Elisée. La Terre. Paris 1868—1869. Bd. I und II.

[18] Mémoires Société géol. de France 1844. 2 sér. vol. I und Bull. Soc. géol. 1812. 1e sér. vol. XII; 1843. vol. XIII.

[19] Stokes. Transactions Cambridge Philos. Soc. 1849. vol. VIII.

[20] Fischer Philipp. Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt 1868.

[21] Bruns Heinr. Die Figur der Erde. Publicationen des k. preuß. geodät. Instituts. Berlin 1878.

[22] Penck Albr. Schwankungen des Meeresspiegels. Jahrb. d. geograph. Gesellschaft zu München. Bd. VII. 1882.

[23] Nachrichten der k. Gesellschaft d. Wissenschaften in Göttingen. 1872.

[24] Helmert. Ueber die Schwerkraft im Hochgebirg, insbesondere in den Tiroler Alpen. Veröffentlichungen d. k. preuß. geodätischen Instituts. 1890.

[25] Sterneck R. v. Mittheilungen aus dem k. k. militär-geographischen Institut in Wien. 1892—1894.

[26] v. Jolly. Anwendung der Wage auf Probleme der Gravitation. Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wissenschaften, mathem.-phys. Cl. Bd. XVI. 1881.

[27] Cordier. Mém. de l'Acad. VII. 1827. S. 473 ꝛc.

[28] Reich F. Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in den Gruben des sächsischen Erzgebirges in den Jahren 1830 bis 1832. Freiberg 1834.

[29] Bischof G. Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers. 1837.

[30] Naumann C. F. Lehrbuch der Geognosie. 1850. Bd. I. 2. Aufl. 1858. Bd. I.

[31] Huyssen. Ueber die bisherigen Ergebnisse der vom preußischen Staate ausgeführten Tiefbohrungen im norddeutschen Flachland. Leopoldina 1882. S. 192.

[32] Dunker E. Zeitschrift für die gesammte Naturwissenschaft. Halle 1872. Bd. VI. — Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1889 I. S. 29 und Ueber die Wärme im Erdinnern und ihre möglichst fehlerfreie Ermittelung. Stuttgart 1896.

33) Allgemeine Geologie als exacte Wissenschaft. Leipzig 1873. S. 302.

34) Pilar. Grundzüge der Abyssodynamik 1881.

35) Fisher O. Physics of the Earth's crust. London and New York 1881. 2d Ed. 1889.

36) Delaunay. Comptes rendus de l'Institut. July 1868.

37) Poisson. Théorie mathématique de la chaleur. Paris 1835.

38) Mohr Fr. Geschichte der Erde. Bonn 1866. S. 203.

39) Franklin B. Conjectures concerning the formation of the earth. Trans. Amer. Philos. Soc. vol. III. No. 1.

40) Spencer Herbert. The form of the earth no proove of original fluidity. Philos. Mag. (3) XXX.

41) Ritter A. Wiedemann's Annalen der Physik u. Chemie 1878—1880. Bd. V—XI. S. 194, und Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische Probleme. Hannover 1879.

42) Zöppritz. Verhandlungen des I. deutschen Geographentags. Berlin 1882. S. 15.

43) Comptes rendus 1868. vol. 66. S. 433.

44) Darwin G. H. On the bodily tides of viscous and semi elastic spheroids etc Philos. Transact. vol. CLXX.

45) Thomson-Tait. Treatise of natural Philosophy. London 1862. Band 1.

46) Nies-Winkelmann. Zur Volumenänderung der Metalle beim Schmelzen. Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. math.-phys. Cl. 1881.

47) Reyer Ed. Beitrag zur Physik der Eruptionen und der Eruptivgesteine. Wien 1877. S. 124, und Theoretische Geologie 1888. S. 193—204.

48) Thomson William. The internal condition of the Earth, as to Temperature, Fluidity and Rigidity. Trans. Geol. Soc. Glasgow 1879. VI.

49) Barnard On the internal structure of the earth considered as affecting the Phenomena of precession and nutation. Smithsonian Contributions No. 310. 1877.

50) Sterry-Hunt. The Chemistry of the primaeval Earth. Geolog. Magazine 1868 und 1869.

51) Dana J. American Journal of Sciences and Arts. 1847 u. 1873.

52) Wadsworth M. E. On the Evidence that the Earth's Interior is solid. Amer. Naturalist 1884. p. 587. 678. 767.

53) Hennessy. Philos. Trans. 1851. p 495.

54) Streng A. Beitrag zur Theorie des Plutonismus. Tschermak's mineralog.-petrogr. Mittheilungen. 1878. S. 40.

55) Günther Siegmund. Handbuch der Geophysik. 2. Aufl. 1897 I. S. 357.

56) Forster Joh Reinhold. Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, deutsch von Georg Forster. Berlin 1783.

57) Richthofen Ferd. v. Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie. Leipzig 1883. S. 36.

58) Versuch, die mittlere Höhe der Continente zu bestimmen. Monatsber. d. Berliner Akademie 1842.

[59]) Humboldt Al. v. Voyage aux régions équinoxiales etc. t. X. 1825 und Centralasien. Berlin 1844.

[60]) Sonklar v. Innstaedten. Allgemeine Orographie. Die Lehre von den Reliefformen der Erde. Wien 1873 und eine Anzahl Specialmonographieen über die Gebirgsgruppen des Hochschwab, der hohen Tauern, des Zillerthals und Oetzthals.

[61]) Otto. Abriß einer Naturgeschichte des Meeres. Berlin 1808.

[62]) Maury Mathew Fountain. The physical geography of the Sea. New York 1855 (ins Deutsche übersetzt von Böttger. Leipzig 1856).

[63]) Krümmel Otto. Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume. Leipzig 1879.

[64]) de la Noë et de Margerie. Les formes du Terrain. (Service géographique de l'armée.) Paris 1888.

[65]) Lapparent A. de. Traité de Géologie. 3ème édit. Paris 1893 und Leçons de Géographie physique. Paris 1896.

[66]) Peschel O. Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde. 1869.

[67]) Richthofen Ferd. v. Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886 und Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. Berlin 1888.

[68]) Penck Albr. Morphologie der Erdoberfläche. Bd. I und II. Stuttgart 1894.

3. Kapitel.

Dynamische Geologie.

Schon im Alterthum hat man den Veränderungen der Erdoberfläche und den Kräften, die solche hervorrufen, Aufmerksamkeit geschenkt. Ueber Vulkane und Erdbeben, Wind und Wetter, Quellen, Wasserläufe, Ueberschwemmungen, Einbrüche des Ozeans in's Festland und dergleichen finden sich bei Herodot, Aristoteles, Strabo, Seneca, Plinius u. A. mancherlei werthvolle Nachrichten. An eine systematische Darstellung der noch jetzt stattfindenden Veränderungen in der Oberflächengestaltung unseres Planeten dachte zuerst der belgische Mathematiker Simon Stevin (1548—1620). Aber erst nachdem die zur Wissenschaft erstarkte physikalische Erdbeschreibung den heutigen Zustand der Erdoberfläche grundsätzlich als Folge jener Kräfte erkannt hatte, und nachdem um die Wende des vorigen Jahrhunderts richtigere Vorstellungen über das Alter und die Entwickelung der Erde gewonnen waren, fing man an, auch frühere Zustände und Veränderungen in gleicher Weise zu erklären. So entwickelte sich nach und nach die dynamische Geologie als Grenzgebiet zwischen Geographie und Geologie, das von beiden Seiten gepflegt, von der einen zum Verständniß der jetzigen Beschaffenheit der Erdoberfläche, von der anderen zur Erklärung von Vorgängen und Veränderungen in früheren Erdperioden verwerthet wurde.

Schon Hutton und Playfair hatten die Ansicht ausgesprochen, es seien alle früheren geologischen Ereignisse durch noch jetzt wirkende Kräfte und Erscheinungen zu erklären und nachdrücklich betont, daß auch kleine Ursachen, wenn sie nur lange genug wirken, großartige Umgestaltungen herbeiführen können. Dieser Anschauung stand die

hauptsächlich durch Buffon's und Cuvier's Autorität gestützte Katastrophentheorie gegenüber. Indem diese großen Forscher und ihre Anhänger annahmen, daß die jetzt wirkenden Kräfte unzureichend seien, um die Ereignisse und Zustände früherer Perioden zu begreifen, entschieden sie sich für die Hypothese, daß von Zeit zu Zeit universelle Revolutionen den Entwickelungsgang der Erde hemmten, unterbrachen und tiefgreifende Umwälzungen in der Oberflächenbeschaffenheit und in der organischen Welt verursachten. Sie nahmen dazu Kräfte in Anspruch, die sich in qualitativer und quantitativer Hinsicht von den noch jetzt wirkenden unterschieden.

Gegen diese Beihilfe übernatürlicher und physikalisch schwer verständlicher Kräfte und gegen die ganze darauf begründete Katastrophentheorie erhoben sich fast gleichzeitig in Deutschland, Frankreich und England gewichtige Stimmen. Im Jahre 1818 hatte die k. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen, wohl auf Anregung von Blumenbach, eine Preisaufgabe ausgeschrieben, worin „die gründlichste und umfassendste Untersuchung über die Veränderungen der Erdoberfläche, welche in der Geschichte sich nachweisen lassen, und die Anwendung, welche man von ihrer Kunde bei Erforschung der Erdrevolutionen, die außer dem Gebiete der Geschichte liegen, machen kann", verlangt wird. Diese Aufgabe löste Carl Ernst Adolf v. Hoff*) in glänzender Weise. Der erste Band seines großen Werks behandelt das Verhältniß zwischen Land und Meer in historischer Zeit, und zwar die Vergrößerung der Meeresfläche durch Zerstörung seiner Ufer und sodann die Einbrüche des Ozeans in das Festland. Mit erstaunlicher Gelehrsamkeit sind alle einschlägigen Berichte vom classischen Alterthum an bis in das 19. Jahrhundert gesammelt und kritisch abgewogen. Die Grund-

*) Carl Ernst Adolf v. Hoff, geboren 1771 zu Gotha, studierte in Jena und Göttingen, wurde 1791 Legationssecretär, 1829 Director des Oberconsistoriums in Gotha, in welcher Eigenschaft er 1837 starb. v. Hoff gab 1801 ein Magazin für die gesammte Mineralogie und Geognosie heraus, wovon jedoch nur vier Hefte erschienen. Neben verschiedenen Abhandlungen über die Geognosie und Geographie von Thüringen veröffentlichte er 1822 bis 1834 sein großes Lebenswerk „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche". 3 Bände. Gotha 1822—1841. Der erste Band erschien 1822, der zweite 1824, der dritte 1834. Zwei weitere Supplementbände wurden nach hinterlassenen Aufzeichnungen v. Hoff's 1840 und 1841 von H. Berghaus herausgegeben.

losigkeit der Sagen vom Untergang einer ehemals blühenden Stadt Vineta an der Küste von Pommern wird überzeugend nachgewiesen und eine angeblich auf Helgoland aufgefundene (später als Fälschung erkannte) Karte dieser Insel mit Angabe deren Größe und Gestalt im 9., 14. und 17. Jahrhundert zwar wiedergegeben, aber skeptisch behandelt. Die Entstehung des Bosporus und der Meerenge von Gibraltar durch Einbrüche des Schwarzen Meeres und des Atlantischen Ozeans hält v. Hoff zwar für wahrscheinlich, bestreitet aber den Eintritt dieser Ereignisse in historischer Zeit. Die Platonische Atlantis und die versunkene Insel Friesland werden mit einer jeden Zweifel abschneidenden Gelehrsamkeit in's Fabelreich verwiesen. Bei Erörterung der Veränderungen an den Meeresküsten durch Absatz von Sedimenten finden das Nildelta, die Neubildungen an der Nordküste von Afrika, von Syrien und Kleinasien, am Schwarzen Meer, im griechischen Archipel, im Adriatischen und Tyrrhenischen Meer, an der Nordküste des Mittelmeers und an den Gestaden des Atlantischen Ozeans, der Nordsee und Ostsee eine musterhafte Beschreibung. Das letzte Kapitel des ersten Bandes behandelt die Frage, ob ein Steigen oder Sinken des Meeresspiegels in historischer Zeit nachgewiesen sei. Nach Besprechung der Ansichten griechischer und römischer Autoren geht v. Hoff zu den Celsius'schen Beobachtungen über. Er bemüht sich sowohl die Senkungstheorie des Meeresspiegels von Celsius, als auch die Leop. v. Buch'sche Hebungstheorie zu widerlegen, und sucht die beobachteten Thatsachen durch neuentstehende Ablagerungen auf dem Boden des bottnischen Meerbusens zu erklären. In den Nachträgen des dritten Bandes (1834) sieht sich jedoch v. Hoff genöthigt, seine Ansichten theilweise zurückzuziehen und die v. Buch'sche Hypothese anzuerkennen. Aus allen im ersten Band enthaltenen Studien zieht v. Hoff die Schlußfolgerung, daß die noch jetzt wirkenden Kräfte, wenn sie nur lange genug thätig sind, ausreichen, um die meisten Erscheinungen der Urzeit zu erklären. Man dürfe darum nur dann zu Hypothesen und außergewöhnlichen Ereignissen seine Zuflucht nehmen, wenn die jetzigen Agentien schlechterdings nicht mehr ausreichen.

Der zweite Band behandelt Vulkane, Erdbeben und heiße Quellen. Ueber die Ursachen dieser Erscheinungen stellt der Verfasser keine neue Hypothese auf, schließt sich vielmehr im Wesentlichen den Anschauungen v. Humboldt's und v. Buch's an. Das Verdienst

Hoff's beruht in der Aufzählung aller historisch beglaubigten Veränderungen und Zerstörungen, welche durch Vulkane und Erdbeben in historischer Zeit stattgefunden haben. Die beiden von H. Berghaus veröffentlichten Supplementbände enthalten als werthvolle Ergänzung des zweiten Bandes eine Chronik der vulkanischen Ausbrüche und Erdbeben vom Jahre 346 v. Chr. bis zum Jahre 1832*) unserer Zeitrechnung. Zwischen dem Erscheinen des zweiten und dritten Bandes liegt ein Zeitraum von 10 Jahren. v. Hoff erörtert hier die Veränderungen auf dem Festland durch Atmosphäre, Organismen, Wasser, Schnee und Eis und bekämpft u. A. in einer gelehrten Abhandlung über „Die große Fluth“ die Buckland'sche Hypothese einer universellen Sintfluth. Im Schlußkapitel faßt v. Hoff die Ergebnisse seiner Untersuchungen in folgenden Sätzen zusammen: „Weder Ueberlieferung noch Beobachtung der Natur in ihren Erscheinungen geben Beweise für eine einmal erfolgte oder wiederholte allgemeine Umwandlung oder für Zerstörung einer ganzen organischen Schöpfung, sondern überwiegende Gründe erlauben nicht nur, sondern fordern sogar, daß man die Veränderungen, die man auf der Erdoberfläche wahrgenommen hat und noch wahrnimmt — — — allein der Wirkung derjenigen Kräfte zuschreiben darf, durch die man noch jetzt alle und jede Naturerscheinung hervorgebracht sieht, und daß die für uns unermeßliche Größe der Zeiträume, in welchen diese Kräfte allmählich und immerfort gewirkt haben, genügt, die Veränderungen durch eben diese Kräfte hervorbringen zu lassen.“

Der dritte Band ist sichtlich durch Ch. Lyell's mittlerweile erschienenen ersten Band der Principles of Geology beeinflußt. v. Hoff stellt sich rückhaltlos auf den Standpunkt des großen britischen Forschers; stimmten doch Lyell's Anschauungen im Wesentlichen mit dem überein, was v. Hoff schon zehn Jahre vorher als Resultat seiner historischen Untersuchungen ausgesprochen hatte. Daß Hoff's verdienstvolle Arbeit nicht nach Gebühr gewürdigt und durch das fast gleichzeitig erscheinende epochemachende Werk Lyell's in Schatten gestellt wurde, erklärt sich leicht aus dem Umstand, daß der bescheidene deutsche Gelehrte hauptsächlich aus Büchern schöpfte, daß ihm seine Verhältnisse nicht gestatteten, die von ihm erörterten Fragen an Ort

*) Richtiger bis 1805 und von 1821 bis 1832. Das Manuscript über die Periode 1806 bis 1820 konnte nicht aufgefunden werden.

und Stelle zu prüfen, daß er die Wissenschaft durch keine neuen Thatsachen bereicherte, sondern seiner Aufgabe als Geschichtschreiber, nicht aber als Beobachter gegenüber stand.

Ohne Kenntniß der Ergebnisse der v. Hoff'schen Studien bekämpfte in Frankreich Constant Prévost*) die Katastrophentheorie Cuvier's. 1825 [1]) sprach dieser mehr kritisch als schöpferisch veranlagte Gelehrte den Satz aus, daß gegenwärtig sowohl auf der Erdoberfläche als auch in den Gewässern oder im Erdinnern und in der Nähe der Vulkane Erscheinungen vorkommen, deren Ursachen nicht wesentlich von denen abweichen, welche in längst vergangenen Zeiten die verschiedenen geologischen Zustände hervorgerufen haben. Noch bestimmter wurde diese Ansicht 1828 in einer Abhandlung [2]) wiederholt, worin Prévost allerdings mit Unrecht gegen die mehrfachen, von Cuvier und Brongniart angenommenen Ueberfluthungen des Pariser Beckens durch das Meer protestiert. Da übrigens C. Prévost den Kampf gegen Cuvier nur schüchtern, ohne historische Belege oder neue Thatsachen führte und überdies zugab, daß gewisse geologische Kräfte früher eine viel größere Energie entfalteten als jetzt, so fanden seine Bemerkungen weder in Frankreich noch anderwärts sonderliche Beachtung.

In Großbritannien wurde der Fehdehandschuh gegen die Katastrophentheorie von Charles Lyell**) aufgenommen. Wie seine

---

*) Constant Prévost, geboren 1787 in Paris, wurde durch Cuvier und Al. Brongniart in das Studium der Naturwissenschaften eingeführt. Zwischen 1804 und 1812 begleitete er seinen Lehrer Brongniart auf verschiedenen Reisen in Frankreich. Nach Beendigung seiner naturwissenschaftlichen und medicinischen Studien nahm er 1815 eine Stelle als Fabrikdirector zu Hirtenberg bei Wien an, studierte dort das Wiener Becken, kehrte aber schon 1818 nach Paris zurück, wo er 1821 eine Lehrstelle für Mineralogie und Geologie am Athenaeum erhielt; 1830 wurde er Professor der Geologie an der Sorbonne und gründete 1839 mit Desnoyer, Deshayes und Ami Boué die Société géologique de France. Starb 1856 zu Molières. (Vgl. J. Gosselet. Coup d'œuil retrospectif sur la Géologie en France pendant la première moitié du XIX[ème] Siècle. 1896.)

**) Charles Lyell (nachmals Sir Charles Lyell, Baronet) ist am 14. November 1797 zu Kinnordy in Forfarshire (Schottland) als Sohn eines reichen Gutsbesitzers und als Aeltester von zehn Geschwistern geboren Er verlebte seine Kinderjahre in der Nähe von Southampton, wo sein Vater ein Landhaus gemiethet hatte, besuchte die Schule in Ringwood und Salisbury, studierte in Oxford, ließ sich darauf in London nieder und brachte sein übriges Leben

beiden älteren Zeitgenossen Alex. v. Humboldt und Leop. v. Buch hatte Lyell das Glück, in völlig unabhängiger Lebensstellung sich gänzlich der Wissenschaft widmen zu können. Schon während seiner Studienzeit in Oxford, wo er die Vorlesungen Buckland's hörte und sich viel mit Entomologie beschäftigte, durfte er im Sommer 1818 seine Eltern auf einer dreimonatlichen Reise nach Frankreich, der Schweiz und Oberitalien begleiten. Hier scheint Lyell's Neigung zu seinem späteren Lebensberuf erwacht zu sein, denn wenn er auch in den folgenden Jahren noch seine juristischen Studien in London vollendete, so beschäftigte er sich doch in seinen Mußestunden eifrig mit Geologie. 1823 lernte er in Paris Cuvier, v. Humboldt und C. Prévost kennen und machte mit letzterem Excursionen in Westengland und Cornwall. Mit Buckland besuchte er im gleichen Jahre Schottland. Schon 1827 hatte Lyell das Manuscript seiner Principles of Geology nahezu vollendet, aber vor der Drucklegung fühlte er das Bedürfniß, vieles noch selbst zu sehen und zu prüfen. Es folgte nun eine Periode, worin der unermüdliche Forscher auf längeren und kürzeren Reisen eine Fülle von neuen Beobachtungen sammelte und mit vielen hervorragenden Geologen der damaligen Zeit in persönlichen Verkehr trat. Mit Murchison und dessen Gattin besuchte er 1828 die Auvergne, das Velay und Vivarais, die Riviera, die Gegend von Turin, Verona und Padua. Von da setzte er seine Reise allein nach Parma, Bologna, Florenz, Siena, Rom, Neapel und Sicilien fort und kehrte über Paris nach Hause zurück. Studien über Vulkane und jüngere Tertiärbildungen nahmen Lyell's Interesse auf dieser Reise besonders in Anspruch. Im Januar 1830 erschien der erste Band der Principles, der zweite 1832 und der dritte 1833. Während dieser Zeit hatte Lyell auf verschiedenen Reisen nach Paris, der Eifel, Belgien, Süddeutschland, der Schweiz, Oberitalien, den Pyrenäen und Catalonien seine Erfahrungen bereichert und 1831 auch am King's College in London Vorlesungen über Geologie gehalten. Allein die Last einer Professur, wenn sie auch nur geringe Pflichten auferlegte, wollte Lyell auf die Dauer nicht übernehmen.

theils in London, theils auf Reisen zu. Er starb 1875 und wurde in der englischen Ruhmeshalle in der Westminster-Abtey in London begraben. (Bonney T. G. Charles Lyell and modern Geology. London 1895 und Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart. Edited by his Sister. in law Mrs. Lyell. 2 vol. London 1881.)

Er resignierte, um sich von nun an ausschließlich der Wissenschaft zu widmen. In seiner Gattin Mary, einer Tochter des Geologen Leonard Horner, fand Lyell während einer langen, glücklichen, kinderlosen Ehe eine treue Begleiterin auf seinen Reisen und eine unermüdliche Gehilfin, welche ihm viele für seine schwachen Augen ermüdende Arbeiten abnahm.

Mit dem Erscheinen des dritten Bandes der Principles war Lyell in die vorderste Reihe der damals lebenden Geologen getreten und als feiner Beobachter, scharfer Denker und Meister der Sprache allgemein anerkannt. Beispiellos war der Erfolg seines Werkes. Trotz des stattlichen Umfanges erschienen zwischen 1830 und 1840 sechs Auflagen, eine siebente im Jahre 1847, die achte 1850, die neunte 1853, die zehnte 1866, die elfte 1872 und die zwölfte kurz nach seinem Tod 1875. Während dieses Zeitraums von 35 Jahren zwischen der ersten und letzten Auflage war Lyell unablässig bemüht, das Werk zu verbessern und den Fortschritten der Wissenschaft entsprechend umzugestalten. Nicht zufrieden mit den gewonnenen Erfahrungen, suchte er durch alljährliche Reisen seine Kenntnisse und Anschauungen zu vermehren und seine Ansichten im Verkehr mit Fachgenossen zu prüfen. Mit Deutschland, Belgien, Frankreich, der Schweiz und Italien war Lyell fast ebenso genau vertraut wie mit seinem Heimathland. Im Sommer 1834 wurde Dänemark und Schweden, 1837 Norwegen besucht und 1841 unternahm Lyell seine erste Reise nach Nordamerika. Während eines zwölfmonatlichen Aufenthaltes lernte er Canada und die östlichen Vereinigten Staaten bis herab nach Südcarolina und Georgia kennen. Die Erlebnisse dieser Reise wurden 1845 in einem besonderen Werk »Travels in North-America« veröffentlicht. Wenige Monate nach dem Erscheinen dieses Buches kreuzte Lyell den Atlantischen Ozean zum zweitenmal, um nebst den ihm bereits bekannten Gebieten auch die Südstaaten des Mississippigebietes zu untersuchen. Auch über diese Reise erschien 1849 ein Werk, das neben geologischen Beobachtungen interessante Schilderungen über die Bevölkerung, sowie über sociale, politische und kirchliche Verhältnisse enthält. 1854 brachte Lyell mehrere Wochen in Madeira und den canarischen Inseln zu, wo er in Begleitung des deutschen Geologen Hartung die dortigen Vulkane studierte. Seine zahlreichen späteren Reisen führten Lyell noch zweimal nach Nordamerika und noch einmal nach Sicilien, hatten jedoch

entweder die Prüfung specieller wissenschaftlicher Fragen oder körperliche und geistige Erholung als Zweck.

Die Principles of Geology lassen schon aus der Umschreibung des Titels, »being an inquiry how far the former changes of the earths surface are referable to causes now in operation«, das Ziel des Autors erkennen. Nach Erläuterung einiger Grundbegriffe und nach einer kurzen, aber trefflich geschriebenen Geschichte der Geologie bis auf Cuvier und Alex. Brongniart, bespricht Lyell die Ursachen der langsamen Entwickelung dieser Wissenschaft und die vielfachen Abwege, auf welche sie zu verschiedenen Zeiten gerieth. Er zeigt, wie im ganzen Mittelalter und auch noch im letzten Jahrhundert theologische Vorurtheile und das Festhalten an der Mosaischen Zeitrechnung dem richtigen Verständniß der Erdgeschichte im Wege standen. Auch die mangelhaften Kenntnisse der Vorgänge auf dem Grund der Ozeane und im Innern der Erde wirkten nachtheilig auf die Beurtheilung der Ereignisse während der Bildung der Erdkruste. Das größte Hinderniß sieht aber Lyell in der gänzlich unphilosophischen Annahme, daß in früheren Zeiten andere, jetzt unbekannte Kräfte thätig waren, und daß die noch jetzt wirksamen Agentien ehemals eine viel größere Energie entfaltet und Wirkungen hervorgebracht haben sollten, welche sie jetzt nicht mehr zu leisten vermögen. Auch die Annahme von Sedimentärformationen mit gleichmäßiger Verbreitung über die ganze Erdoberfläche, sowie die Hypothesen von plötzlichen Aenderungen in der Vertheilung von Festland und Meer, in den klimatischen Verhältnissen und in der organischen Schöpfung sind nach Lyell Ursachen, welche eine gesunde Entwickelung der Geologie schädigten.

In ausführlicher Weise behandelt Lyell die Klimaschwankungen in früheren Erdperioden. Er bekämpft zunächst die populäre Annahme einer klimatischen Aenderung durch die Wärmeabgabe eines ursprünglich feuerigflüssigen Weltkörpers, gibt aber zu, daß noch während der Tertiär- und Diluvialperiode ein wärmeres, aber keineswegs tropisches Klima in Europa geherrscht habe. In der Secundärzeit bewohnten Riffkorallen die gemäßigten Zonen und in der Steinkohlenformation fanden sich Baumfarne und andere Pflanzen, welche ein feuchtwarmes Klima beanspruchen bis in eine nördliche Breite von 75°. Die Ursachen der Klimaveränderungen sucht Lyell auf Grund eingehender meteorologischer Studien in der Vertheilung

von Wasser und Land, in dem Einfluß von Meeresströmungen, Eisbergen und Ansammlungen von Gletschereis in den Polargebieten und den Hochgebirgen. So überzeugt war Lyell von der Wirksamkeit dieser Factoren, daß er in einem Brief an Mantell schrieb: „Ich will ein Recept geben, um Baumfarne am Pol wachsen zu lassen oder wenn es mir beliebt, Fichten am Aequator“. Aus der weiten Verbreitung submariner, vulkanischer Producte und mariner Kalksteine, aus der beckenförmigen Vertheilung der Sedimentärgesteine, aus der Abwesenheit von großen Süßwasser- und Land-Wirbelthieren, aus dem Mangel an reinen Süßwasserbildungen und aus dem insularen Charakter der Flora folgert Lyell während der Steinkohlenzeit die Bedeckung der nördlichen Hemisphäre durch einen mit zahlreichen Inseln übersäten Ozean. Während der Secundärperiode entstanden in der gemäßigten Zone größere Festländer und veranlaßten eine Aenderung des Klimas; in der Tertiärzeit gewannen die Festländer der nördlichen Hemisphäre gegen die Pole hin an Ausdehnung, die Alpen, Apenninen und Pyrenäen erhoben sich als gewaltige Höhenzüge und beförderten die allmähliche Anbahnung der jetzigen klimatischen Verhältnisse. In den ersten Auflagen hält Lyell den Einfluß astronomischer Ursachen auf die terrestrischen Klimaschwankungen für geringfügig, später schenkt er denselben etwas mehr Beachtung. Insbesondere werden Veränderungen in der Excentricität der Erdbahn und in der Präcession der Tag- und Nachtgleichen als wichtige klimatische Factoren anerkannt und zur Erklärung der Eiszeit verwerthet. Nachdem Lyell im ersten Buch der Principles die Katastrophentheorie und die damit zusammenhängenden Anschauungen bekämpft hatte, sucht er die Grundideen seines Werkes, nämlich die Gleichartigkeit (uniformity) der heute und in früheren Perioden wirkenden Kräfte sowohl in der unbelebten als auch in der belebten Welt zu beweisen. Damit schuf Lyell das erste vollständige Lehrbuch der dynamischen Geologie. Die Aufgabe des zweiten Buchs deckt sich im Wesentlichen mit dem Inhalt des v. Hoff'schen Werkes, aber während sich der deutsche Gelehrte auf eine Zusammenstellung der literarisch überlieferten Thatsachen beschränkt, sucht Lyell dieselben überall durch eigene Beobachtungen zu ergänzen. Zuerst werden die geologischen Wirkungen des Wassers erörtert. Die zerstörende und transportierende Thätigkeit des fließenden Wassers wird an zahlreichen Beispielen erläutert, unter denen die Ausnagung des Simetobettes am Aetna

und die Bildung der Niagaraschlucht besonderes Interesse beanspruchen. Lyell glaubte anfänglich für die Thalbildung noch der Mitwirkung des zurückweichenden Ozeans oder der Beihilfe von Erdbeben und Landschlipfen zu bedürfen; in späteren Auflagen ist für die meisten Thäler Erosion als einziges Agens in Anspruch genommen. Von einer universellen Sintfluth will Lyell selbstverständlich nichts wissen. Den in den ersten Auflagen nur flüchtig erwähnten Wirkungen von Eis und Gletschern ist später ein besonderes Kapitel gewidmet, worin Lyell für die Verbreitung der erratischen Blöcke den Transport durch schwimmende Eisberge als beste Erklärung bezeichnet. Die Entstehung von Quellen, artesischen Brunnen, Thermen und Geysiren, die chemischen Absätze in süßen Gewässern, die aufbauende Thätigkeit durch Flüsse durch Absatz von Sinkstoffen, die Beschaffenheit und Entstehung der verschiedenartigen Deltas in Binnenseen und an der Ausmündung von Flüssen in den Ozean sind ausführlich geschildert. Bei Besprechung der zerstörenden und aufbauenden Thätigkeit der Ozeane durch Strömungen, Gezeiten und Brandung verwerthet Lyell theils seine eigenen Erfahrungen, theils die Angaben v. Hoff's. Der umfangreiche Abschnitt über Vulkane und Erdbeben enthält nicht nur eine zusammenfassende Darstellung über deren Verbreitung und Wirkungen, sondern auch Specialbeschreibungen aus der Gegend von Neapel und vom Aetna. Bei Besprechung des Monte Somma, der canarischen Inseln und der Vulkane von Santorin bekämpft Lyell die Theorie der Erhebungskrater und bezeichnet die aus geneigten Schichten bestehenden ringförmigen Umwallungen der centralen Krater als Ruinen ehemaliger Aufschüttungskegel. Bei den Erdbeben wird die Aufmerksamkeit besonders auf die in ihrem Gefolge auftretenden Niveauveränderungen und Zerreißungen des Bodens gelenkt. Wie sich solche Niveauschwankungen zu wiederholten Malen im entgegengesetzten Sinne vollziehen können, wird an dem Beispiel des Serapistempels bei Pozzuoli nachgewiesen. Die langsamen, von Erdbeben und Vulkanen unabhängigen Niveauveränderungen hatte Lyell in den ersten Auflagen nur beiläufig erwähnt. Auf seinen Reisen nach Skandinavien schenkte er diesen Erscheinungen besondere Aufmerksamkeit und schaltet seinem Werk ein eigenes Kapitel ein, worin er die Beweise für eine langsame Hebung des nördlichen Skandinaviens als völlig überzeugend anerkennt. Bei Besprechung der Ursachen von Vulkanen und Erdbeben lehnt Lyell alle Hypothesen über die Entstehung und den

Urzustand der Erde als nicht zur Geologie gehörig ab und stellt sich auf den Standpunkt Hutton's, daß die geologische Wissenschaft keinen Anfang und kein Ende kenne, und daß die Erde erst dann Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung bilden könne, nachdem sie im Wesentlichen ihre heutige Größe, Gestalt und Zusammensetzung erhalten habe. Die verschiedenen Hypothesen über den ursprünglich feuerflüssigen Zustand unseres Planeten, über die Beschaffenheit und Temperatur des Erdinnern, über die Dicke der Erdkruste und die allmähliche Abkühlung des Erdballs werden einer ziemlich abfälligen Kritik unterworfen und die Annahme eines feuerflüssigen Kerns als unzulässig abgelehnt. Als Ursache aller vulkanischen Eruptionen und Erdbeben betrachtet Lyell durch starke Compression verdichtete Wasserdämpfe und Gase, die durch unterirdische Erhitzung in hohe Temperatur versetzt werden und nun einen Druck gegen die darüber lastende Erdkruste ausüben. Chemische, elektrische und magnetische Vorgänge bewirken nach Lyell locale Temperaturerhöhungen in der Erdkruste, so daß größere und kleinere Ansammlungen von geschmolzener Gesteinsmasse entstehen können. Werden durch diese die in den Gesteinen circulierenden Gewässer und Gase in Dampf umgewandelt, so erfolgen vulkanische Eruptionen und Erdbeben. Auch die langsamen Hebungen des Bodens sind, wie Lyell in späteren Auflagen der Principles auseinandersetzt, durch unterirdische Erhitzung und die dadurch bewirkte Ausdehnung der festen Gesteine veranlaßt, während Abkühlung und Entweichen von Gasen unterirdische Hohlräume, Einbrüche und Senkungen hervorrufen. „Die beständigen Hebungen und Senkungen des Bodens, welche gegenwärtig beobachtet werden und welche in früheren geologischen Perioden stattgefunden haben, stehen in Zusammenhang mit der Ausdehnung und Zusammenziehung von Theilen der festen Erdkruste, von denen einzelne von Zeit zu Zeit abgekühlt wurden, während andere einen Zuwachs an Hitze erhielten."

Wie Lyell in der organischen Welt zwar stete Veränderung, aber keine nach bestimmter Richtung verlaufende Entwickelung anerkennt, so bestreitet er anfänglich auch in der organischen Schöpfung eine im Lauf der geologischen Perioden sichtbare Vervollkommnung. Er beginnt mit der Grundfrage, ob Aenderungen in der Zusammensetzung der heutigen Pflanzen- und Thierwelt sich noch jetzt vollziehen, oder ob die organische Schöpfung ihren definitiven Abschluß erlangt hat. Nach eingehender Besprechung der Lamarck'schen Transmutationstheorie,

nach einer inhaltsreichen Auseinandersetzung über die Variabilität wilder und domesticierter Arten, über den Einfluß der Kreuzung und über die Fortpflanzungsfähigkeit von Bastarden kommt Lyell zu dem Ergebniß, daß jede Art mit den sie jetzt charakterisierenden Merkmalen erschaffen worden sei. Allerdings gesteht er den Arten eine gewisse Accomodationsfähigkeit an die äußeren Existenzbedingungen zu, allein die dadurch bewirkten Veränderungen halten sich in bestimmten Grenzen und beeinflussen die wesentlichen Merkmale der Species nicht. Die überhaupt möglichen Veränderungen irgend einer Art vollziehen sich nach Lyell in kurzer Zeit; durch diesen Umstand, ferner durch die natürliche Abneigung der Individuen verschiedener Arten, sich mit einander zu kreuzen und durch die geringe Fruchtbarkeit der Bastarde wird die unbegrenzte Variabilität der organischen Wesen verhindert. Bis zur vorletzten Auflage der Principles gehörte Lyell zu den Gegnern der Descendenztheorie. Da erschienen im Jahre 1858 gleichzeitig in den Schriften der Linnean Society die zwei berühmten Abhandlungen von R. A. Wallace und Ch. Darwin über die Veränderlichkeit der Species, im folgenden Jahr Ch. Darwin's epochemachendes Werk über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl und W. Hooker's Flora Australiens. Lyell trat sofort mit dem großen Zoologen Huxley und dem Philosophen Herbert Spencer entschieden für die neubegründete Descendenzlehre in die Schranken, und die zehnte Auflage der Principles enthält eine vortreffliche Uebersicht der Resultate und Grundsätze des Darwin'schen Werks. Der Abschnitt über die geographische Verbreitung der Pflanzen und Thiere, mit welcher sich Lyell schon in den früheren Auflagen sehr eingehend beschäftigt hatte, mußte nun im Lichte der Abstammungslehre eine vollständige Umarbeitung erleiden. Er enthält eine Fülle von feinen Bemerkungen und geologischen Schlußfolgerungen, die noch jetzt als Muster für die Behandlung derartiger Untersuchungen gelten können. Das Aussterben von Arten wird aus den Veränderungen in der belebten und unbelebten Welt, das Auftauchen neuer Arten durch Umgestaltung älterer Vorläufer erklärt. Ein besonderes Kapitel ist in der elften Auflage dem Alter und der Herkunft des Menschengeschlechtes gewidmet, worin Lyell die Hauptergebnisse seines im Jahre 1863 veröffentlichten Werkes „über das Alter des Menschengeschlechts“ kurz zusammenfaßt. Er setzt auseinander, daß auch der Mensch, wie alle übrigen organischen Formen von einem einheitlichen

Entstehungscentrum ausgegangen sei und sich nach und nach in die heutigen Rassen und Unterrassen gespalten habe; daß die ältesten Ueberreste menschlicher Thätigkeit eine tiefe Culturstufe bezeugen, und daß kein Grund vorliege, für das Menschengeschlecht einen anderen Ursprung anzunehmen als für die übrigen Arten des Thier- und Pflanzenreichs.

Das dritte Buch schließt mit Betrachtungen, wie organische Ueberreste erhalten werden können und mit einer Schilderung der Korallenriffe. Im vierten Buch wendet Lyell die in den vorhergehenden Abschnitten gewonnenen Erfahrungen auf die früheren Erdperioden an und liefert damit ein auf neuer Grundlage stehendes Lehrbuch der Geologie. Dasselbe wurde später als selbständiges Werk unter dem Titel „Elemente der Geologie" veröffentlicht und erlebte bis 1871 sechs Auflagen. Lyell verwerthet hier für die Gliederung und Altersbestimmung der tertiären Ablagerungen nach dem Vorgang von Deshayes und Bronn das Verhältniß der noch jetzt lebenden Mollusken zu ihren fossilen Vorfahren und gelangt durch Feststellung des Prozentsatzes noch lebender Gattungen und Arten zu der jetzt allgemein anerkannten Eintheilung der Tertiärbildungen in Eocän, Miocän und Pliocän. In den ersten Auflagen der Elemente sind die vulkanischen Gebilde nach ihrem verschiedenen Alter zwischen die Sedimentablagerungen eingeschaltet, später werden sie hinter den letzteren im Zusammenhang behandelt. Bei den vortertiären Formationen stützt sich Lyell auf die Lehrbücher von Conybeare und de la Beche. Als Primärgebilde werden die plutonischen Massengesteine und die krystallinischen Schiefer mit ihren Einlagerungen bezeichnet. Lyell bestreitet die fundamentale Verschiedenheit zwischen plutonischen und vulkanischen Gesteinen und nimmt an, daß sich noch heute in großer Tiefe und unter dem Druck der darüber lastenden Erdkruste Granit und andere hypogene krystallinisch-körnige Massengesteine bilden können, daß überhaupt Granit zu den verschiedensten Zeiten emporgedrungen sei und nicht, wie die Werner'sche Schule annahm, überall das älteste Grundgestein sei. Für die krystallinischen Schiefer schlägt Lyell die Bezeichnung „metamorphische Gesteine" vor und hält sie für normale, thonige, sandige und kalkige Sedimentablagerungen, die erst nachträglich durch Contact mit heißen Eruptivgesteinen und durch unterirdische Hitze ihre jetzige krystallinische Beschaffenheit erhielten. Steht Lyell somit in dieser Frage anfänglich noch ganz auf dem Standpunkt Hutton's, so schreibt

er später das Krystallinischwerden theilweise auch mechanischen Einwirkungen, namentlich starkem Druck zu.

Das Erscheinen der Lyell'schen Principles war epochemachend. Seit Werner hatte kein Geologe die Ansichten der jugendlichen Wissenschaft in ähnlicher Weise beeinflußt und umgestaltet. Wirkte Lyell auch nicht als Lehrer direct auf die heranwachsende Generation, so war er doch durch den persönlichen Verkehr mit den hervorragendsten Fachgenossen aller Nationen besser als irgend Jemand im Stande, die latenten Strömungen in der Wissenschaft kennen zu lernen und denselben den entsprechenden Ausdruck zu verleihen. Wie Alex. v. Humboldt, so sprach auch Ch. Lyell nicht nur zu den Fachgenossen. Seine einfachen, lichtvollen und leicht verständlichen Darlegungen führten der Geologie aus den weitesten Kreisen Anhänger zu und machten sie zu einer populären Wissenschaft. Mit unerbittlicher Schärfe bekämpfte der britische Forscher die noch vorhandenen Reste der bodenlosen Hypothesen früherer Jahrhunderte, beseitigte alles Gewaltsame und Unnatürliche aus dem Gedankengang der Geologie und stellte den gegenwärtigen Zustand unserer Erde nur als eine Fortsetzung der Vergangenheit dar. Für Lyell gibt es, wie für Hutton, allerdings nur Veränderungen nicht aber Entwickelung und Fortschritt in der Erdgeschichte. Die uniformitarische Lehre kennt weder einen Anfang noch ein Ende unseres Planeten und bestreitet ebenso schroff wie die Katastrophentheorie die Annahme einer fortschreitenden Evolution.

In Großbritannien waren die uniformitarischen Ideen durch Hutton und Playfair vorbereitet. Die Lyell'schen Anschauungen fanden darum auch begeisterte Aufnahme und beherrschen dort bis auf den heutigen Tag die ganze Entwickelung und Methode der geologischen Forschung. Auch in Deutschland, wo v. Hoff vorgearbeitet hatte, erregte das Erscheinen des Lyell'schen Werkes großes Aufsehen und wurde den Gebildeten sofort durch mehrere Uebersetzungen zugänglich gemacht. Immerhin war hier der Einfluß von Alex. v. Humboldt und Leop. v. Buch noch so groß, daß die uniformitarische Lehre etwas langsamer Eingang fand. Noch zurückhaltender verhielt sich Frankreich. Hier waren die Cuvier'schen Ideen tief eingewurzelt und fanden in Elie de Beaumont und Alcide d'Orbigny zwei geistvolle Anwälte. Erst nach dem Tod dieser beiden Forscher konnten die Uniformitarier festen Boden gewinnen und schließlich den Sieg erringen.

Obwohl Lyell in verschiedenen Fragen lebhaft bekämpft wurde, obwohl insbesondere seine Hypothese über die Entstehung der krystallinischen Schiefergesteine Anfechtung erfuhr und seine Erklärung der vulkanischen Erscheinungen und der Gebirgsbildung unzulänglich befunden wurde, so gilt doch heute der Grundsatz, in den noch gegenwärtig wirkenden Kräften den Schlüssel zu den Vorgängen in früheren Erdperioden zu suchen, als unerschütterliche Basis der ganzen modernen geologischen Forschung. Damit erlangte aber die dynamische Geologie eine ganz andere Bedeutung für die Geologie und wurde von nun an mit regem Eifer gepflegt.

Sir Henry de la Beche*) schrieb 1835 unter dem Titel »How to observe« einen trefflichen Leitfaden der dynamischen Geologie, welcher in späteren Auflagen den Titel Geological Observer erhielt. Das ursprüngliche Werk wurde 1836 von Rehbock, das spätere 1852 gleichzeitig von C. Hartmann und E. Dieffenbach ins Deutsche übersetzt. De la Beche verfolgt im Wesentlichen dieselbe Methode wie Lyell, und sein an neuen Beobachtungen und Thatsachen ungemein reiches Buch kann geradezu eine Ergänzung der Lyell'schen Principles genannt werden. Seit Lyell und de la Beche enthalten alle Lehrbücher der Geologie und physikalischen Geographie mehr oder weniger ausführliche Abschnitte über dynamische Geologie. Unter der großen Zahl solcher Werke mögen hervorgehoben werden B. Studer, Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie (Chur und Leipzig 1844), Elie de Beaumont, Leçons de Géologie pratique (Paris 1845), J. D. Dana, Manual of Geology (Philadelphia

*) Henry Thomas de la Beche, geboren 1796, als letzter männlicher Sprößling einer normannischen Adelsfamilie, besuchte zuerst die Militärschule in Great Marlowe, widmete sich aber bald vollständig der Geologie und begann seine Laufbahn mit einer geologischen Aufnahme von Devonshire. Nach mehrjährigen Reisen und längerem Aufenthalt in der Schweiz, Frankreich und Jamaica entfaltete er eine vielseitige literarische Thätigkeit, veröffentlichte 1831 sein vortreffliches Lehrbuch der Geologie und 1834 seine Untersuchungen über theoretische Geologie. 1834 wurde er dem Board of Ordnance als Geologe beigegeben, 1839 trat er an die Spitze einer besonderen Abtheilung (Geological Survey) und wurde zugleich Director des von ihm gegründeten Museums für praktische Geologie. 1845 erhielt die Geological Survey ihre eigene selbständige Organisation unter de la Beche's Leitung und entwickelte sich zu einer wissenschaftlichen Anstalt, welche allen übrigen Nationen als Muster diente. De la Beche blieb bis zu seinem Tode (1855) Generaldirector der Survey und der damit verbundenen Bergschule.

1863), A. Ramsay, The physical Geology and Geography of Great Britain (London 1864), Peschel-Leipoldt, Physische Erdkunde (Leipzig 1879), A. H. Green, Physical Geology (London 1882), Archibald Geikie, Textbook of Geology (London 1882), de Lapparent, Traité de Géologie (Paris 1885), F. v. Richthofen, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen und A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche (Stuttgart 1894).

a) Geologische Wirkungen der Atmosphäre.

Die zerstörende und aufbauende Thätigkeit der Atmosphäre hat im Allgemeinen keine sehr erhebliche Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche und wurde erst spät von den Geologen der Beachtung gewürdigt. Chemische Wirkungen übt sie nur im Verein mit Wasser oder Organismen aus, dagegen kann auch in regenlosen und vegetationsfreien Regionen eine mechanische Verwitterung in Folge schroffer Temperaturwechsel eingeleitet werden. Dem Geographen Livingstone verdankt man wohl die erste Beobachtung über das mit klingendem Tone Zerspringen von Basaltblöcken in der afrikanischen Wüste, wenn auf einen heißen Tag die starke Abkühlung der Nacht folgte. Auch O. Fraas, Rohlfs, Unger, Schweinfurth, Zittel, Walther und andere Wüstenreisende machten ähnliche Erfahrungen und schreiben die Beschaffenheit der mit eckigen Gesteinstrümmern bedeckten Oberfläche der sogenannten Hammada der Wirkung des schroffen Temperaturwechsels zwischen Tag und Nacht zu. Nach Tietze (1886) entsteht der Felsschutt in den vegetations- und regenarmen persischen Gebirgen hauptsächlich durch den Einfluß der Insolation. Die gewaltigen Schuttmassen in den Hochgebirgen in und oberhalb der Region des ewigen Schnee's sind ebenfalls auf den im Sommer täglichen Wechsel von Frost und Wärme zurückzuführen, allein hier wirkt in erster Linie nicht der Temperaturwechsel, sondern das in den feinsten Gesteinsspalten befindliche Wasser, das beim Gefrieren und Aufthauen starke mechanische Wirkungen ausübt.

Von nicht zu verachtender Bedeutung ist die geologische Thätigkeit des Windes. Abgesehen von den hier nicht näher zu erörternden Zerstörungen durch Sturmwind, verursacht der über Gesteine wegfegende und mit Sand oder Staub beladene Wind mancherlei charakteristische Erscheinungen. Schon 1847 beschrieb C. Fr. Naumann[3]) polierte und mit Rinnen versehene Felsen bei Hohburg in Sachsen,

hielt aber Eis für die Ursache dieser Bildung, ein Irrthum, der später von Alb. Heim[4]) widerlegt wurde. Aehnliche Windschliffe erwähnten Blake (1855) und Gilbert (1874) aus dem Westen von Nordamerika und in der Sahara gehören vom Wind abgeschliffene, mit einem glänzenden, glasigen Ueberzug und mit Hohlkehlen, Rinnen oder wurmförmigen Furchen versehene Felsen nach Zittel[5]), Rolland[6]), Walther[7]) u. A. zu den gewöhnlichen Erscheinungen.

Andere auffallendere Erscheinungen in Wüsten und Steppen verdanken dem Wind ebenfalls ihre Entstehung: so nach Gilbert die isolierten, abenteuerlich gestalteten, zuweilen an ihrer Basis verschmälerten Felsgebilde im Monumentpark von Colorado, ferner die „Pelzkappensteine" von Fraas und die Pilzfelsen von Walther in der arabischen Wüste und endlich die in neuerer Zeit vielgenannten „Kantengeschiebe" oder „Dreikantner" in den Dünen- und Steppengebieten von Nordeuropa[8]), im Rhonethal, in der Gegend von Wien, in der Sahara u. a. O. Daß der Wind in Sand, Dünen, Lehm- und Lößwänden, im Gletschereis, zuweilen sogar in festem Gestein Nischen, Kessel, Rinnen und tunnelartige Höhlungen ausnagen kann, wurde von Richthofen, Lehmann, Blanford, Walther u. A. nachgewiesen, ja Walther[9]) geht sogar so weit, die in der ganzen Sahara und in den Bad Lands des amerikanischen Westens verbreiteten „Inselberge" (Temoins) durch Windwirkung zu erklären, was allerdings von den meisten Autoren, welche diese Gebilde studiert haben, bestritten wird. Jedenfalls hat sich Joh. Walther am eingehendsten mit den geologischen Wirkungen von Atmosphäre und Wind beschäftigt und für die Abhebung und den Transport der durch Verwitterung, Wind, Insolation u. s. w. gelockerten Gesteinsfragmente die Bezeichnung Deflation vorgeschlagen.

Den Sanddünen an flachen Meeresküsten und in sterilen Tiefländern hatten schon Lyell, de la Beche und Elie de Beaumont, in neuerer Zeit Lehmann, Berendt (1869), Muschketoff (1886) und Obrutschew (1890) ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt; über die Dünen der Sahara berichten Rohlfs, Tristram (1860), Desor (1864), Pomel (1872), Zittel (1883), Rolland u. A. Eine generelle Monographie der Dünen lieferte Sokoloff.[10])

Die in den Pampas von Südamerika weit verbreiteten Lehmablagerungen glaubte A. Bravard[11]) als Windgebilde deuten zu dürfen, worin ihm Ameghino neuerdings wenigstens theilweise bei-

stimmt, während Burmeister darin eine fluviatile, Santiago Roth eine theils marine, theils fluviatile, später durch die Thätigkeit der Vegetation metamorphosierte Ablagerung erkennt.

Eine großartige Bedeutung schreibt Ferd. v. Richthofen [12]) der aufbauenden Thätigkeit des Windes zu, indem er den Löß, welcher einen ansehnlichen Theil von China bedeckt, dort zuweilen eine Mächtigkeit von 600 Metern erreicht und bis zu Seehöhen von 2400 Metern ansteigt, als „äolische" Staubablagerung bezeichnet. v. Richthofen erörtert in geistvoller Weise die Bedeutung von Staubwehen und Staubanhäufungen in abflußlosen, mit Steppengras bewachsenen Binnenländern und folgert aus dem Mangel einer deutlichen Schichtung des Löß, aus seiner auf große Entfernungen gleichartigen und von der Bodenbeschaffenheit unabhängigen Zusammensetzung aus feinsten Sand-, Thon- und Kalktheilchen, aus seiner capillaren Porosität, aus dem Reichthum an Resten von Landsäugethieren und Landschnecken, aus dem Mangel an Süßwasserconchylien seine Entstehung durch Windtransport. Neben dem Landlöß erkennt v. Richthofen übrigens auch noch einen „See-Löß" an, bei dessen Entstehung Wasser mitwirke. Die äolische Lößtheorie v. Richthofen's wurde auch auf die europäischen Lößbildungen angewandt und fand viele begeisterte Anhänger. Einen entscheidenden Sieg vermochte sie übrigens nicht zu erringen. Denn noch jetzt stehen zahlreiche angesehene Geologen, wie v. Gümbel, Sandberger, Berendt, Dames, Wahnschaffe, Benecke, J. Geikie, Dollfuß u. A. auf dem Standpunkt von Agassiz, Collomb, Martins und Lyell, wonach der Löß eine limnische oder glacial-fluviatile Ablagerung darstellt. Laspeyres, Baltzer, de Lapparent u. A. nehmen Regengüsse und rieselndes meteorisches Wasser für die Entstehung des Löß in Anspruch. Ueber die umfangreiche Literatur und die verschiedenen Ansichten über Entstehung des Löß geben Abhandlungen von Wahnschaffe [13]) und Leppla [14]) Aufschluß.

b) Geologische Wirkungen des Wassers.

Unter den exogenen geologischen Kräften nimmt Wasser unstreitig die erste und wichtigste Stelle ein. Seine chemischen und mechanischen Wirkungen sind theils zerstörend, theils aufbauend. Sie erstrecken sich über die ganze Erde und haben im Wesentlichen nicht nur die heutige Oberflächenbildung unseres Planeten geschaffen,

sondern auch einen sehr erheblichen Theil des Gesteinsmaterials der Erdkruste geliefert.

Quellen. Während die Erörterung der oberirdischen Verbreitung des Wassers der Geographie und Meteorologie zukommt, wurde seine unterirdische Circulation von jeher als eine Aufgabe der Geologie betrachtet. Daß ein ansehnlicher Theil der meteorischen Niederschläge durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurückkehrt, ein anderer Theil oberflächlich abfließt und der Rest im Boden versinkt, dort circuliert und die Entstehung von Quellen und Grundwasser verursacht, wird heute als selbstverständlich betrachtet. Ein Rückblick auf die älteren Meinungen über Quellenbildung zeigt jedoch, auf welchen Irrwegen der menschliche Geist häufig erst zur Wahrheit gelangt. Eine der ältesten Quellentheorieen entwickelt Plato in seinem Dialog Phaedon. Er nimmt einen Kreislauf aller fließenden Gewässer an; sie sammeln sich zu einem mächtigen Strom, welcher dem Tartarus zueilt und von dort wieder in zahlreiche Flüsse, Bäche und Quellen aufgelöst, an die Oberfläche der Erde zurückkehrt. Aristoteles meinte, die in der Luft enthaltenen wässerigen Dünste verdichten sich in den kühlen Hohlräumen des Erdinnern und erzeugen dort unterirdische Wasserläufe und Quellen. Seneca schließt sich im Wesentlichen der Aristotelischen Lehre an, glaubt aber, die unterirdischen Wasserbehälter würden zum Theil auch durch Zufluß vom Meer oder durch die Umwandlung verschiedener Elemente und Wasser gespeist. Lucrez nahm einen förmlichen Kreislauf zwischen Meer und Quellwasser an. Dagegen leitet Vitruvius die Quellen von Regen- und Schneewasser her, welches in die Erde dringt, dort auf Widerstand stößt und sich nun in Form von Quellen einen Ausgang sucht. Agricola unterscheidet zwischen dem durch Ritzen und Spalten in den Boden eindringenden Tagwasser und dem durch Condensation von Dämpfen entstehenden Grundwasser. Der belgische Arzt Helmont (1577—1644) vergleicht das Erdinnere mit einem von Wasser durchtränkten Sandlager. Diesem unterirdischen Sand wird eine treibende und belebende Kraft zugeschrieben, wodurch das Wasser nach allen Richtungen gegen die Oberfläche strömt. Hat das Wasser den Sand verlassen, so verfällt es der Schwerkraft, fließt den tiefer gelegenen Theilen der Erdoberfläche zu und sammelt sich schließlich im Ozean. Für eine Speisung der unterirdischen Gewässer durch das Meer sprechen sich die meisten Gelehrten des 17. Jahr-

hunderts aus, so namentlich Descartes (1605), Thomas Lydiatus (1605), Kepler (1619), Peter Davity (1635), Athanasius Kircher (1664), Nicolaus Papin (1647) u. A., obwohl Bernh. Palissy[15]) bereits 1580 nachgewiesen hatte, daß in den Boden einsickerndes Wasser, welches sich auf wasserdichten Schichten sammle und einen Ausweg suche, die Ursache der Quellbildung sei. Im 17. Jahrhundert beschäftigen sich zahlreiche Autoren mehr oder weniger glücklich mit Quellen, aber erst dem Physiker Mariotte[16]) gelang es (1668), die Vitruv-Palissy'sche Hypothese experimentell zu begründen. De la Métherie und J. A. de Luc brachten sie dann zur allgemeinen Anerkennung. Der Berliner Grim[17]) meinte allerdings, das unterirdische Wasser erzeuge sich auf chemischem Wege durch Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff, und auch Kastner ist geneigt, sehr verschiedene Ursachen für die Quellbildung anzunehmen. Im Jahre 1827 stellte Chr. Keferstein[18]) die seltsame Hypothese auf, das Quellwasser entstehe in der Tiefe auf chemischem Wege aus der aus der Atmosphäre eingesaugten Luft und anderen Gasen, die dann durch einen Athmungsprozeß der Erde theils in Gasform, theils als Wasser wieder ausgehaucht werden. Wie Plato und Kepler vergleicht Keferstein die Erde mit einem Organismus, zu dessen physiologischer Thätigkeit auch die Erzeugung von Grundwasser gehöre.

Dem Volger'schen Versuch[19]), die Aristotelische Quellentheorie in etwas veränderter Gestalt wieder zu beleben und die Entstehung der Quellen und unterirdischen Gewässer durch Verdichtung der Wasserdämpfe in der den Boden durchstreichenden Luft zu erklären, wurde von Hann[20]) die theoretische Grundlage entzogen.

Um die Kenntniß der im Boden cirkulierenden Gewässer haben sich in diesem Jahrhundert G. Bischof, Paramelle, Lersch und Daubrée besonders verdient gemacht. G. Bischof[21]) verfaßte die erste wissenschaftlich begründete Quellenlehre mit einer Menge eigener Beobachtungen über Quellen im Teutoburger Wald, über die Grundwasserverhältnisse im Rheinthal, über aufsteigende Quellen, artesische Brunnen und unterirdische Wasserläufe. Viele der von Bischof erwähnten Beispiele sind in die Lehrbücher der Geologie und physikalischen Geographie übergegangen. Die auch ins Deutsche übersetzte Quellenkunde des Abbé Paramelle[22]) enthält vortreffliche Winke über das Aufsuchen von Quellen und unterirdischen Gewässern. Paramelle war wohl

der ausgezeichnetste Quellensucher, den es je gegeben hat. Frankreich verdankt ihm die Erschließung zahlloser Quellen. Seine große Erfahrung verleitete ihn allerdings manchmal zu flüchtigen, jeder wissenschaftlichen Untersuchung entbehrenden Angaben. Paramelle's Erfolge forderten zur Nachahmung auf, so daß sich in Frankreich Arny, Abbé Richard, Gautherot, in Deutschland Henoch, Beratz u. A. auf das Quellensuchen verlegten, ohne jedoch ihren Meister an Kenntnissen oder Erfahrung zu erreichen.

Lersch's[23]) Hydrophysik enthält eine unendlich fleißige Zusammenstellung der auf Quellenkunde bezüglichen literarischen Angaben, sowie mancherlei eigene Beobachtungen und wird, trotz der wenig ansprechenden Form und Anordnung des Stoffes, als Nachschlagebuch bleibenden Werth behaupten. In der Hydrochemie desselben Verfassers ist der therapeutische Gesichtspunkt besonders berücksichtigt. Die umfassendste und nach jeder Richtung vollständigste Darstellung[24]) über die Entstehung, das geologische Vorkommen, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der normalen Quellen, Grundwässer, Mineralquellen und Thermen rührt von A. Daubrée her.*) Der berühmte Verfasser verwerthet nicht nur die Ergebnisse seiner eigenen ungewöhnlich reichen Erfahrung über Quellen, sondern auch das in der geologischen und geographischen Literatur, sowie in technischen Gutachten und Zeit-

*) Gabriel August Daubrée, geboren am 25. Juni in Metz, studierte an der polytechnischen Schule in Paris; wurde 1834 Bergingenieur und im Auftrage der Regierung nach England, Schweden und Norwegen geschickt. Als Bergingenieur und Professor der Mineralogie und Geologie in Straßburg widmete er seine ganze Muße dem Studium der geologischen Verhältnisse des Elsaß und veröffentlichte 1849 eine geologische Karte von Niederelsaß, welcher 1852 eine ausgezeichnete geologische Beschreibung dieses Gebietes folgte. 1857 bis 1861 hatte Daubrée Gelegenheit, bei Gelegenheit der Quellfassung von Plombières wichtige Beobachtungen über die chemische Wirkung von Thermalwasser zu machen, die Veranlassung zu seinen späteren Versuchen über die geologische Bedeutung von überhitzten Wasserdämpfen wurden. 1861 als Professor der Geologie an das Museum in Paris berufen, entfaltete Daubrée eine äußerst vielseitige Thätigkeit und eröffnete durch seine berühmten experimentellen Untersuchungen ein ganz neues Gebiet der Geologie. 1862 vereinigte Daubrée mit der Professur für Geologie am Jardin des plantes auch die der Mineralogie an der École des mines, zu deren Director er 1872 ernannt wurde. Vom Jahre 1875 an gehörte er auch der Commission für Herausgabe der geologischen Specialkarte an. Daubrée war wegen seines liebenswürdigen, zuverlässigen Charakters allseitig geschätzt und geliebt. Er starb in Paris am 29. Mai 1896.

schriften aufgespeicherte, zum Theil schwer zugängliche Material. So sind z. B. der ausgezeichnete von E. Sueß (1864) verfaßte Commissionsbericht über die Wasserversorgung der Stadt Wien, sowie Karrer's eingehende Beschreibung der Wiener Hochquellenleitung, welche eine Menge generell wichtiger Thatsachen über Gebirgsquellen enthalten, in ausgiebiger Weise benützt. Schon in einer älteren Abhandlung hatte Daubrée die Durchlässigkeit der verschiedenen Gesteine untersucht. Anknüpfend an jene Versuche schildert er nun ausführlich die Quellen- und Grundwasserverhältnisse in den verschiedensten Theilen Europas. Ein besonderer Abschnitt ist den artesischen Gewässern gewidmet, die nach ihrem Auftreten zwischen Schichten von verschiedenem geologischen Alter geordnet sind. Von den normalen Quellen und Thermen, deren Wasser sich nach hydrostatischen Gesetzen bewegt, unterscheidet Daubrée die durch Kohlensäure und andere Gase oder durch Dampf getriebenen unterirdischen Gewässer. Der zweite Band[25]) behandelt die chemische Zusammensetzung und die Temperatur der Quellen und Grundwässer und dies führt den Verfasser zu Betrachtungen über die Erdwärme und über die Bedeutung des im Boden circulierenden und in die Tiefe eindringenden Wassers für die Entstehung der Vulkane. Der dritte Band beschäftigt sich mit der Rolle, welche die unterirdischen Gewässer jetzt und in früheren Erdperioden als chemische und physikalische Agentien gespielt haben. Eine werthvolle Ergänzung erhielt das Daubrée'sche Fundamentalwerk neuerdings durch J. Soyka[26]), welcher in exacter Weise die Abhängigkeit der Grundwassermengen von den atmosphärischen Niederschlägen nachzuweisen sucht.

Die ungemein umfangreiche Specialliteratur über Quellen, Grundwasser, artesische Brunnen und namentlich die Fluth von Schriften über Mineralquellen kann hier füglich übergangen werden, da sie auf die wissenschaftliche Entwickelung der Geologie nur geringen Einfluß ausübte und zumeist praktische oder medicinische Zwecke verfolgt. Daß bei den geologischen Specialaufnahmen, welche gegenwärtig in allen Culturstaaten der Welt im Gang sind, auch die unterirdischen Wasserläufe sorgfältige Beachtung finden, ist bei der praktischen Wichtigkeit dieser Verhältnisse selbstverständlich. Die Schriften der Geological Survey von Großbritannien und der Vereinigten Staaten von Nordamerika, der französischen und belgischen geologischen Kartencommission, das Bulletin der Société Belge de Géologie, Hydro-

logie et Paléontologie sind reich an hydrologischen Berichten. Ueber die unterirdischen Wasserverhältnisse des südlichen Englands enthält eine Rede von Prestwich[27]) ausführliche Angaben. Ueber die Gegend von Paris veröffentlichte Belgrand[28]) einen vorzüglichen Bericht und aus der großen Menge von Arbeiten über die Wasserverhältnisse von Algerien, Tunis und der Sahara mögen nur die Werke von Ville[29]), Dru[30]) und Rolland[31]) Erwähnung finden.

Chemische Wirkungen des Wassers. Die mit Luft, Kohlensäure, häufig auch mit etwas salpetriger Säure oder organischen Substanzen imprägnierten meteorischen Niederschläge wirken, wenn sie in Berührung mit dem festen Boden kommen, lösend und zersetzend. So indifferent sich reines Wasser den meisten festen Substanzen gegenüber verhält, so wirksam erweist es sich in Verbindung mit den von ihm aufgenommenen Agentien, namentlich mit Sauerstoff, Kohlensäure und organischen Verbindungen. Sie leiten die chemische Verwitterung ein; das Wasser führt die dadurch gelösten Substanzen fort, sickert als Quelle oder Grundwasser oder Gebirgsfeuchtigkeit in den Boden ein und ruft dort die mannigfaltigsten chemischen Prozesse hervor.

Die Wichtigkeit des Wassers als chemisches Agens ist schon frühzeitig gewürdigt worden und auf Verwitterungserscheinungen wird in der älteren Literatur vielfach hingewiesen. Mit der Zersetzung feldspathaltiger Gesteine haben sich bereits Brongniart und de la Beche beschäftigt; in generellerer Weise haben Turner[32]) und R. Blum[33]) die chemischen Verwitterungsprozesse behandelt, allein erst durch G. Bischof*) wurde für dies ganze Gebiet eine wissenschaftliche Grundlage geschaffen. Mit bewunderungswürdiger Sachkenntniß erläutert Bischof in seinem Lehrbuch[34]) der chemischen und physikalischen Geologie alle chemischen Prozesse, welche meteorisches Wasser und wässerige Lösungen der verschiedensten Zusammensetzung im Contact mit Gesteinen oder untereinander hervorrufen können. Die verschiedenen Mineralien und Gesteine sind nach ihrer chemischen Zusammensetzung, Bildung, Umwandlung und Zersetzung erschöpfend geschildert und damit die chemische Geologie zu einem neuen selbständigen Wissenszweig erhoben. Speciellere Untersuchungen über die Zersetzung von Silicaten und kieselsäurehaltigen Gesteinen verdankt

*) Bischof Karl Gustav, geboren 1792 in Nürnberg, studierte in Erlangen und habilitierte sich dort als Privatdocent, wurde 1819 außerordentlicher, 1822 ordentlicher Professor der Chemie in Bonn; starb 30. November 1870 in Bonn.

man Rammelsberg, Ebelmen (1845)[35]), Wolff, Forchhammer u. A. In genereller Weise wurde die chemische Verwitterung nach dem Bischof'schen Vorbild von Justus Roth[36]), die der krystallinischen Gesteine von Th. Sterry Hunt[37]) behandelt.

Die Bedeutung der chemischen Verwitterung für die Bodenbildung hat F. Senft[38]) schon 1847 in vortrefflicher Weise dargelegt und auch die Werke von Bennigsen-Förder, Dettmer und Shaler[39]) enthalten eingehende Erörterungen über Verwitterung und Gesteinszersetzung mit besonderer Berücksichtigung der Bodenkunde. Verschiedene Abhandlungen der Amerikaner Julien (1879—1884), Pumpelly und Israel R. Russell[40]) und des Belgiers van den Broeck beschäftigen sich mit den an der Oberfläche stattfindenden Zersetzungsprocessen. Russell fügt seinen Beobachtungen ein Verzeichniß der einschlägigen Literatur bei.

Die geographische Verbreitung der Verwitterungsvorgänge und deren Abhängigkeit vom Klima wurde in neuerer Zeit besonders von Pumpelly, v. Richthofen[41]) und E. W. Hilgard gewürdigt. Die sichtbaren Wirkungen der Verwitterung bestehen nicht nur in der durch Oxydation, Reduction, Auslaugung oder Umwandlung einzelner Bestandtheile verursachten Entfärbung oder Verfärbung der Gesteine, in deren oft tiefgehenden Auflockerung, Veränderung und Zerrüttung, in der Erzeugung oberflächlicher Schuttdecken oder Bodenarten, sondern auch in der Herstellung charakteristischer Oberflächenerscheinungen. Im Ganzen ist übrigens die Verwitterung allein für die Gestaltung der Erdoberfläche von geringem Belang. Felswände erhalten zuweilen rundliche Höhlungen oder Furchen und Rinnen, und wie in Gebirgen durch Verwitterung verschiedene Bergformen (Kuppen, Grate, Schutthalden u. s. w.) zu Stande kommen, hat A. Heim[42]) in anziehender Weise geschildert.

In der Regel müssen chemische und mechanische Kräfte des Wassers zusammenwirken, um auffallendere Effekte zu erzielen. Die durch Verwitterung gebildeten Producte werden fortgeführt und die entstandenen Lücken durch Auswaschung vergrößert und ausgearbeitet. So verdanken der combinierten Thätigkeit von Verwitterung und Abspülung durch fließendes Meteorwasser, wie bereits Goethe 1820 bei Alexandersbad im Fichtelgebirge erkannt hatte, Felsenmeere, viele isolierte Felsmassen und pittoreske Felslandschaften[43]) ihre Entstehung. Auch die für Kalkgebirge so charakteristischen

Karrenfelder oder Schratten sind theils durch chemische, theils durch mechanische Thätigkeit des meteorischen Wassers zu erklären, wobei allerdings die chemische Action das Wichtigste leistet. Joh. Jac. Scheuchzer und Saussure schreiben Wasserfluthen, Ebel schmelzendem Schnee- und Gletscherwasser die Entstehung der Schratten zu. Hirzel[44]) führte die Bezeichnung „Karren“ (1829) in die Literatur ein und Ferd. Keller[45]) lieferte zuerst eine eingehende Beschreibung dieser Erscheinungen. Während aber Hirzel für die Ausnagung der Kalkfelsen außer der mechanischen und chemischen Verwitterung und Abspülung auch noch eine bestimmte Höhenlage und senkrechte Schichtung des Gesteins in Anspruch nimmt, begnügt sich Keller ausschließlich mit der mechanischen Auswaschung. A. Escher, B. Studer (1847), die Gebrüder Schlagintweit (1854), Heim[46]), Fugger[47]), v. Richthofen (1886), Penck erklären die Karrenfelder der Alpen als Producte der chemischen Corrosion atmosphärischen kohlensäurehaltigen Wassers, und dieser Ansicht huldigen auch Zippe (1854), Boué (1861), Zittel (1864) und Cvijic (1893) für die Schratten der Karstländer. Agassiz (1840), Charpentier (1841), Desor (1865), Simony, Schaubach, Renevier, A. Favre halten die Karrenfelder für gebunden an die jetzigen oder ehemaligen Gletscher und geben der mechanischen Thätigkeit der Gletscherwässer den Vorrang. Heim dagegen bestreitet jeden Zusammenhang zwischen Gletschern und Schrattenfeldern; Simony, Penck, Richter und Ratzel rücken den Vorgang hauptsächlich in die untere Grenze der Schneeregion, und zwar betont Ratzel[48]) als wichtigsten Factor fließendes Quellwasser. Auch Gümbel (1856) neigt sich mehr der mechanischen als der chemischen Erklärungsweise zu. Eine besondere Art von Karrenfeldern (Lapiés) mit zahlreichen oberflächlichen Furchen und sich kreuzenden tiefen Klüften erklärten Duparc, Le Royer und Chaix[49]) durch mechanische Zerrüttung des Gesteins bei der Gebirgsbildung, wobei Spalten entstanden, welche später durch die chemische Wirksamkeit des Wassers ausgearbeitet wurden. Nach einer erschöpfenden Uebersicht der Literatur und der verschiedenen Ansichten über das Karrenproblem hält M. Eckert[50]) ein Zusammenwirken der chemischen und mechanischen Thätigkeit des Wassers, sowie verschiedener anderer secundärer Factoren für deren Entstehung erforderlich.

Mit den Karrenfeldern hat v. Mojsisovics[51]) auch trichterförmige Vertiefungen im Karst in Beziehung gebracht und sie als

chemische Ausnagungsbildungen durch atmosphärisches Wasser gedeutet. Von diesen Trichtern sind die großen, trichterförmigen Kessel (Dolinen), welche sich auch in vielen anderen Kalkgebirgen, wie im schwäbischen, fränkischen und schweizerischen Jura, in den Apenninen, in Estland u. s. w. finden, streng zu unterscheiden. Die letzteren wurden allgemein, so namentlich von Elie de Beaumont, Schmidl, A. Boué, Lipold, Tietze[52]), Gümbel, Krauß durch Einsturz der Decken unterirdischer Hohlräume in Folge von Auswaschung erklärt. Stache und Reyer[53]) nehmen einen Zusammenhang von tektonischen Bruchlinien mit dem häufigeren Auftreten von Dolinen an.

Sind Karrenfelder, Karsttrichter und Dolinen auf Kalkgebirge oder Tafelländer mit festem, kalkigem Untergrund beschränkt, so finden sich die sogenannten geologischen Orgeln oder Erdpfeifen (Orgues géologiques, Puits naturels, Sand-pipes, Sinkholes) hauptsächlich in Ebenen, deren Boden aus weichem oder zerklüftetem Kalkstein, Kalkconglomerat oder Gyps besteht. Es sind cylindrische oder gestreckt trichterförmige, meist senkrechte, mit Lehm, Dammerde oder Sand ausgefüllte Höhlungen, welche sich nach unten in der Regel verengen. Aus der Umgebung von Paris wurden sie als Puits naturels bereits von Brongniart und Cuvier (1811) und 1813 von Mathieu[54]) am Petersberg bei Maestricht beschrieben und von letzterem Orgues géologiques genannt. Auch Gillet-Laumont (1813), Clère (1814), Bory de St. Vincent (1821) und Nöggerath[55]) schenkten diesen Gebilden am Petersberg ihre Aufmerksamkeit. Während aber Gillet-Laumont und Bory dieselben durch die auflösende und mechanische Wirkung von oben einströmendem Wasser erklärten, nimmt Nöggerath unter Berufung auf ähnliche Bildungen bei Burtscheid aufsteigendes Thermalwasser für ihre Entstehung zu Hilfe. Die geologischen Orgeln im Pariser Becken sind später von Hericart de Thury, Bosc, Passy (1832), Belgrand (1869), St. Meunier (1875), Rothpletz (1881), Daubrée u. A. wieder beschrieben worden. Rothpletz hält sie für Riesentöpfe und bringt sie in genetische Beziehung zu einer angeblichen Gletscherbedeckung Nordfrankreichs während der Diluvialzeit. In überzeugender Weise erklärten Lyell[56]) und Prestwich[57]) die Entstehung der mit Lehm, Sand oder Schutt ausgefüllten Erdpfeifen und sackförmigen Einstülpungen der lehmigen Deckschicht in die Kreide von Südengland durch die auflösende Thätigkeit von kohlensäure-

haltigen Tagwässern, welche in oberflächliche, häufig durch vermodernde Baumwurzeln entstehende Vertiefungen eindringen. Für die feine Beobachtung von Cuvier und Brongniart, daß geologische Orgeln nicht ausschließlich der Jetztzeit angehören, sondern auch in älteren kalkigen Gesteinen vorkommen, die von unversehrten jüngeren Sedimenten bedeckt sind, lassen sich auch in der bayerischen Hochebene, wo solche Bildungen außerordentlich verbreitet sind, zahlreiche Belege finden.

Daß die in Kalkstein und Kreide vorkommenden, mit Lehm ausgefüllten und unregelmäßig verlaufenden „Schlotten" nicht anders als durch kohlensäurehaltiges Wasser erweiterte Spalten gedeutet werden können, unterliegt keinem Zweifel, und da solche Spalten häufig in größere Hohlräume übergehen, so muß auch bei der Entstehung der meisten Höhlen die corrodierende Wirksamkeit des im Boden circulierenden Wassers herangezogen werden. Höhlen kommen vorzugsweise im Kalk-, Dolomit- und Gyps-Gebirge vor, also in Gesteinen, welche der Auflösung durch kohlensäurehaltiges oder auch reines Wasser unterliegen. Sie fehlen allerdings nicht vollständig in krystallinischen und klastischen Gesteinen, sind jedoch selten und dort entweder als Blasenräume während der Erkaltung vulkanischer Magmen oder nachträglich durch tektonische Störungen entstanden. Unterirdische Höhlen haben von jeher das Interesse der Menschen auf sich gezogen und zu mancherlei Sagen und Aberglauben Veranlassung geboten. Schon in der Literatur des Alterthums ist viel von ihnen die Rede. Sie galten als Zugänge zur Unterwelt und als Aufenthaltsort von Nymphen und Sibyllen. Spätere Jahrhunderte bevölkerten die Höhlen mit Feen, Kobolden, Riesen, Zwergen, Drachen und bösen Geistern und schrieben ihre Entstehung Erdbeben, Zertrümmerungen der Erdkruste, unterirdischem Feuer oder großartigen Auswaschungen zu. Noch im vorigen Jahrhundert war man zu keiner bestimmten Vorstellung über die Bildung von Höhlen gelangt, obwohl die Baumannshöhle am Harzrand bereits von Leibniz (1693) beschrieben war und Valvasor (1689), Hacquet (1778) und Gruber (1781) die Aufmerksamkeit auf die wunderbaren Karsthöhlen, J. Fr. Esper (1774) auf die Höhlen im fränkischen Jura und Hößlin (1798) auf jene der Schwäbischen Alb gelenkt hatten. In Im. Kant's Lehrbuch der physikalischen Geographie (1801) wird die Entstehung der Höhlen theils auf wässerige

Ausspülung, theils auf Feuerausbrüche zurückgeführt. Mit den Untersuchungen von Esper (1770—1790), Rosenmüller (1796 bis 1804) und Goldfuß (1810) über die in den fränkischen Höhlen eingebetteten fossilen Säugethierknochen beginnt eine Periode der wissenschaftlichen Höhlenforschung, welche in erster Linie paläontologische Interessen im Auge hatte. Cuvier's Recherches sur les ossements fossiles enthalten eine vortreffliche Zusammenstellung des gesammten Wissens über knochenführende Höhlen der zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts. In Deutschland folgten Rudolf und Andreas Wagner dem von Esper eingeschlagenen Weg. Den ersten Versuch einer auf umfassender Autopsie begründeten wissenschaftlichen Höhlenkunde machte W. Buckland in seinen Reliquiae diluvianae. Zu den älteren Höhlenforschern in England gehören außer Buckland besonders Sir Everard Home, Hunter und Pentland; in Sicilien erregten die Grotten bei Palermo das Interesse von Fr. Hoffmann (1831), Pentland und Christy. Für Belgien hat Schmerling's prächtig illustriertes Tafelwerk[58]) dieselbe Bedeutung wie die Reliquiae diluvianae für England. In Frankreich stand der außerordentlich thätige und schriftstellerisch fruchtbare Marcel de Serres[59]) mit seinen beiden Hilfsarbeitern Dubreuil und Jeanjean im Vordergrund der Höhlenforschung. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in zahlreichen kleineren Abhandlungen veröffentlicht und in einem selbständigen Werk zusammengefaßt.

Ueber die Entstehung der Höhlen im Kalk-, Dolomit- und Gyps-Gebirge herrschte um diese Zeit kaum noch eine nennenswerthe Meinungsverschiedenheit. Man hatte sich überzeugt, daß kohlensäurehaltiges Wasser die Wandungen von unterirdischen Spalten angreift, dieselben erweitert und dadurch zum Durchlaß größerer Wassermassen geeignet macht. Diese unterirdischen Wasserläufe, welche namentlich im Karst ein höchst compliciertes Canalsystem bilden, in denen sich ganze Ströme fortbewegen, wirken nicht nur chemisch, sondern auch mechanisch auf das Nebengestein. Sie schaffen die zerstörten Materialien fort und liefern dadurch der corrodierenden Thätigkeit des Wassers stets neue Angriffsstellen. Einstürze und Auswaschungen vergrößern die Hohlräume, welche sich dann in der Regel mit prächtigen Stalaktiten und Stalagmiten auskleiden. Vielfach dienten die Höhlen schon während der Diluvialzeit Säugethieren als Wohnstätte, noch häufiger aber wurden Reste von Landbewohnern vermischt

mit Lehm und Erde in die Höhlen geschwemmt und bilden dort ganze Knochenablagerungen. Nachdem durch Esper, Rosenmüller, Buckland, Schmerling, M. de Serres u. A. die in europäischen Höhlen begrabenen fossilen Säugethierreste ziemlich vollständig bekannt waren, trat eine längere Pause in der Höhlenuntersuchung ein, die nur gelegentlich durch einzelne descriptive Arbeiten wie Schmidl's Werk über die Karsthöhlen (1854) unterbrochen wurde. Erst gegen Schluß des fünften Jahrzehntes dieses Jahrhunderts beginnt für die Höhlenforschung eine neue Periode, in welcher wesentlich anthropologische Ziele verfolgt wurden. Boucher de Perthes in Amiens hatte nach 20jährigem vergeblichem Kampf endlich die Frage nach dem Alter des Menschengeschlechtes wieder in Fluß gebracht und im Gegensatz zu der älteren, namentlich von Buckland begründeten Lehrmeinung den Beweis geliefert, daß der Mensch Zeitgenosse des Mammuth, des Höhlenbären, des wollhaarigen Rhinoceros und anderer ausgestorbener Säugethiere sei und darum in Europa bereits während der Diluvialzeit gelebt habe. Nun fing man an, die Höhlen auf's neue zu durchwühlen und auf ihren Inhalt an archäologischen, anthropologischen und paläontologischen Schätzen zu erforschen. Zu den thätigsten Mitarbeitern an dieser Aufgabe gehören in Nord- und Mitteldeutschland u. A. Fuhlrott, Schaaffhausen, v. Dechen, F. Roemer, Nehring, Struckmann, Kloos und Müller, in Württemberg Quenstedt, Oscar und Eberhard Fraas, Hedinger, in Bayern Gümbel[60]), Clessin, Zittel, Ranke, Schlosser, in Oesterreich v. Hochstetter, Wankel, Maska, Kris, Graf Wurmbrand, Ossowsky, Zawisza, in Frankreich Lartet[61]), Christy, Filhol, Garrigou, Piette, Rivière, Pomel, Harlé u. A., in Belgien Spring, Dupont und Le Hon, in der Schweiz Merk, Rütimeyer, Heim, Nüsch, in Italien Issel, Forsyth Major, Capellini, in England Ch. Lyell, Pengelly, Boyd-Dawkins[62]), Falconer, Wood, Busk, Spratt, Leith Adams. Die neueste Phase in der Höhlenforschung beschäftigt sich seit circa 15 Jahren wieder mehr mit der Topographie, Physiographie und Zugänglichmachung der Höhlen. Als Vorkämpfer dieser Richtung sind der Oesterreicher Franz Kraus[63]) und der Franzose E. A. Martel[64]) zu nennen, denen man auf reicher Erfahrung beruhende Werke über Höhlen verdankt. In verdienstlicher Weise betheiligten sich an derartigen Höhlenforschungen auch der deutsche und öster-

reichische Alpen-Verein, der österreichische Touristen-Club und der französische Alpen-Club.

In ursächlichem Zusammenhang mit der Verwitterung stehen die unter dem Einfluß der Schwere erfolgenden Bewegungen großer Massen gelockerten Gesteinsmaterials, die freilich in manchen Fällen auch durch rein mechanische Erschütterungen, durch Erdbeben oder durch Zug und Druck in der Erdkruste veranlaßt werden. Solche Massenbewegungen verursachen zuweilen mächtige Schutthalden, Bergstürze und Abrutschungen. Ch. Lyell und de la Beche haben sich eingehend mit derartigen Erscheinungen befaßt; der berühmte »landslip« von Axmouth an der englischen Küste wurde (1840) von Conybeare und Buckland ausführlich geschildert. Ueber den verderblichen Bergsturz von Goldau in der Schweiz im Jahre 1806, welcher vier Dörfer zerstörte und eine Quadratmeile fruchtbaren Landes verwüstete, existiert eine reiche Literatur; über den von Unkel (1844) berichtete G. v. Viebahn. Von G. Bischof und Collin[65]) wurden die Ursachen der Rutschungen und Bergschlipfe theoretisch und experimentell erörtert.

Mit den in neuerer Zeit erfolgten Abrutschungen und Bergstürzen haben sich E. Riedl[66]), O. Fraas[67]), Penck[68]), Baltzer[69]), Pollack, A. Rothpletz[70]), Neumayr[71]), A. Heim[72]) und E. Reyer beschäftigt.

Die rein mechanische Thätigkeit des fließenden Wassers äußert sich in der Abtragung und Transportierung gelockerter Gesteinstrümmer (Ablation), sowie in der Abreißung fester Bestandtheile und in der Reibung des transportierten Materials auf den Untergrund oder die Seiten der vorhandenen Wasserrinne (Erosion). Die Stärke der Ablation und Erosion hängt ab von der Quantität und der Geschwindigkeit oder der Stoßkraft des fließenden Wassers. Während somit die Wirksamkeit der Abspülung durch atmosphärische Niederschläge meist wenig in die Augen fällt, dafür aber sich auf weite Flächen erstreckt, arbeitet das in Rinnen concentrierte Wasser auf beschränktem Raum um so energischer. Schon Guettard und Targioni Tozzetti haben im vorigen Jahrhundert die heutige Modellierung der Erdoberfläche im Wesentlichen durch Abspülung und Erosion erklärt; aber erst in neuerer Zeit sind die durch diese Factoren erzeugten Terrainformen in zahllosen Einzeluntersuchungen gewürdigt und in genereller Weise namentlich durch de la Noë und

de Margerie behandelt worden. Die Hauptanregung zu solchen Studien kam einerseits aus Nordamerika, wo Hayden, Powell, Gilbert, Dutton u. A. in den ausgedehnten Plateauländern des Westens die wunderbare Ausarbeitung der Steilränder in den Badlands und in den tief eingeschnittenen Flußthälern zu beobachten Gelegenheit hatten und andererseits aus den afrikanischen und asiatischen Wüsten, wo vorübergehende Regengüsse und rasch entstehende und wieder verschwindende Wildbäche höchst charakteristische Oberflächenformen erzeugen. Unter den besonderen, durch Abspülung hervorgebrachten Bildungen haben die Erdpyramiden oder Erdpfeiler, im Wallis auch Demoiselles oder Nornes genannt, vielfach die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Schon Surell beschrieb solche (1841) aus den Hautes Alpes; Ch. Lyell vom Katzenbach bei Bozen, Hayden aus Colorado, A. Geikie aus Schottland und seitdem sind sie häufig Gegenstand der Untersuchung geworden.

Ueber die erodierende Thätigkeit der fließenden Gewässer enthält die Literatur des vorigen Jahrhunderts schon vielerlei Angaben, die allerdings zumeist einer exacten Grundlage entbehren. Immerhin verdienen die Bemerkungen von de Maillet und Buffon, welche die Ausfurchung von Thälern submarinen Strömungen während des Rückzugs der Ozeane und des Auftauchens der Festländer und Inseln zuschreiben, Beachtung, da ähnliche Anschauungen auch noch bei Cuvier, Saussure, Werner, Ebel und in den ersten Auflagen der Lyell'schen Principles wiederkehren. Pallas u. A. brachten die theilweise Zerstörung der Gebirge und die Bildung von Thälern in Verbindung mit vorübergehenden großen Fluthen und dieser Anschauung huldigen auch Buckland, Sedgwick (1825), Daubeny (1831), Elie de Beaumont (1829) und viele Andere. Die Sintfluth wurde als letzte dieser großen Ueberschwemmungen betrachtet und ihr die heutige Gestalt unserer Erdoberfläche zumeist zugeschrieben. Im Gegensatz zu dieser Theorie erklären Giraud Soulavie, Targioni Tozzetti, v. Gleichen, J. L. Heim, Hutton und Playfair, zum Theil auch Werner und seine Schüler, Montlosier, Poulett Scrope[73]) u. A. die Entstehung vieler Thäler lediglich durch die erodierende Thätigkeit fließender Gewässer und diese Ansicht, welcher sich v. Hoff, Kühn, später auch Murchison und Lyell[47]) anschlossen, ist nach und nach die herrschende geworden, wenn auch nicht geläugnet wird, daß neben den reinen Erosionsthälern sogenannte

tektonische Thäler existieren. Für die Entstehung von Thälern durch Brüche und Zusammensturz der Erdkruste sind Steno, de Luc, Saussure, Conrad Escher und d'Aubisson de Voisins eingetreten. L. v. Buch, Elie de Beaumont, J. de Charpentier, Virlet, Omalius d'Halloy, Kjerulf, Hartung, Sonklar u. A. bringen die Thäler als Spalten, theils mit der Gebirgsbildung, theils mit dem Schichtenbau der Erdkruste in Beziehung und in neuerer Zeit hat Daubrée[75]) auf experimentellem Weg die Entstehung von Spalten und damit die primitive Ursache für Thalbildung zu erklären versucht.

Wohl die ersten Angaben über die Leistungsfähigkeit der Erosion in einem bestimmten Zeitabschnitt finden sich bei Lyell, dessen Berechnung über das Alter der Niagaraschlucht jedoch später durch Woodward und Gilbert erheblich modificiert wurde. In der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ist die geologische Thätigkeit des in Rinnen fließenden Wassers nach allen Richtungen aufs Genaueste untersucht worden. Physiker, Geographen und Techniker stellten die Art der Wasserbewegung in den verschiedenen Theilen eines Flusses und dessen Transportfähigkeit fest und wandten exacte Methoden zur Bestimmung seiner Stoßkraft an. Von geologischer Seite wurde die Wirkung der Corrasion und Erosion in eingehender Weise studiert und zwar ging die Anregung zu diesen Untersuchungen von Nordamerika aus. J. D. Dana[76]) brachte die Lehre der Thalbildung durch Erosion wieder in Fluß und gewann bald bei seinen Landsleuten und in England zahlreiche Anhänger, namentlich nachdem durch Newberry's Beschreibung des Gran Cañon[77]) das großartigste Beispiel erosiver Flußwirkung bekannt geworden war. In England zeigten G. Greenwood (1857), Jukes (1862) und Whitaker (1867), Topley (1875), in Nordfrankreich Prestwich, Belgrand u. A. wie Thäler durch reine Erosion entstehen können, Th. Oldham erklärte 1859 die Thäler der Khasi-Hills, Rubidge jene von Südafrika und W. T. Blanford (1870) die Abbessyniens für Werke strömenden Wassers. Eine ausgezeichnete Schrift von L. Rütimeyer[78]) über Thal- und Seebildung ist ungemein reich an feinen Beobachtungen und wirkte geradezu epochemachend. Der geistvolle Verfasser sucht nachzuweisen, daß die meisten und auch die größten Alpenthäler der Schweiz nur durch Erosion entstanden seien, daß aber lange geologische Perioden zu ihrer Ausfurchung erforderlich

waren, so daß ein Flußlauf häufig aus älteren und längeren Strecken besteht, die sich später zu einem gemeinsamen System vereinigten. Die Bildung der Thäler begann demnach schon mit der Aufrichtung der Alpen, die Erosionsarbeit wirkte aber nicht zu allen Zeiten mit gleicher Intensität. Sie schreitet vom Fuße des Gebirges gegen Innen vor und die verschiedenen Abschnitte eines Flußlaufes erhalten dadurch ein bestimmtes Gepräge und besondere typische Erscheinungen (Wasserfälle, Klammen, Seen ꝛc.). Der Entwurf einer Karte über die Geschichte der Flüsse und Seen in der Schweiz, welche dem Rütimeyer'schen Werke beigegeben ist, verdient als erster kühner Versuch einer Eintheilung der Thäler nach ihrem geologischen Alter besondere Erwähnung. In grundlegender Weise entwickelte K. Gilbert[79]) auf Grund seiner Untersuchungen in den Henry Mountains die Gesetze der Erosion fließenden Wassers und der Thalbildung und in ähnlicher Richtung arbeiteten im Westen Powell[80]) und Dutton[81]), im Osten W. M. Davis.[82]) Von den amerikanischen Forschern wurde namentlich die rückschreitende Erosion bei der Thalbildung und die Abhängigkeit der Tiefenerosion von dem Gefälle eingehend begründet und damit auch das untere Denudationsniveau (base level) der Thalausnagung mit großer Genauigkeit bestimmt. In ähnlicher Weise wie Rütimeyer schilderte W. Morris Davis die verschiedenen Entwickelungsstadien von Thälern. In der Jugend furcht das rasch fließende Wasser enge Schluchten mit steilen Gehängen aus, in der Reife vermindert sich das Gefälle, die Thäler werden breit und erhalten sanfte Böschungen, im Alter endlich ist die Thalsohle bis zum unteren Denudationsniveau abgetragen. Wird dieses durch geologische Ereignisse tiefer gelegt, so beginnt der Entwickelungscyclus von Neuem. Nach diesem Prinzip suchte Davis das geologische Alter verschiedener Rumpfflächen und der dazu gehörigen Flußsysteme zu ermitteln. Was in Europa in den zwei letzten Dezennien über Thalbildung von Heim, Supan, Philippson, Hilber, Penck und vielen Anderen geschrieben wurde, stützt sich zumeist auf die von Rütimeyer und den Amerikanern begründeten Prinzipien. Ein besonders schwieriges Problem bilden die sogenannten Durchbruchsthäler, welche Gebirge, Plateauländer und zuweilen mehrere parallele Ketten quer durchschneiden. Es lag nahe, gerade derartige Einschnitte im Sinne der Spaltentheorie zu verwerthen, und es ist dies auch bis in die neueste Zeit vielfach geschehen. Im Jahre 1865 machte jedoch Medlicott[83]) in einer Abhandlung über den

Bau und die Entstehung des Himalaja die Bemerkung, daß nicht nur die Centralkette dieses Gebirges älter sei, als die aus Materialien der Centralkette zusammengesetzten vorgelagerten Nebenketten, sondern daß auch die dortigen Flüsse ein hohes Alter besäßen und während der Aufrichtung des Gebirges ihre Thäler durch Erosion eingeschnitten hätten. Noch präciser formulierte J. W. Powell diesen Gedanken, indem er zeigte, daß der Green River bei seinem Durchbruch durch das Uintagebirge und der Colorado River bei seinem tiefen Einschnitt in das Plateau von Arizona von jüngeren Schichten in ältere eindringen und darum offenbar sich während der langsamen Hebung dieser Regionen in den Boden eingenagt haben. Für diese Arbeit nimmt Powell enorme Zeiträume in Anspruch. Unabhängig von Medlicott und Powell war E. Tietze[84]) für die Entstehung von Querthälern zu einer übereinstimmenden Erklärung gelangt. Tietze hatte beim Studium von Durchbruchsthälern in der Alburskette in Persien und am eisernen Thor die Ueberzeugung gewonnen, daß es sich hier unmöglich um Spalten handeln könne, sondern daß nur Flußerosion ein in der Hebung begriffenes Gebirge in solcher Weise zu durchschneiden im Stande sei. Der Anfang solcher Querthäler fällt nach Tietze in eine Zeit, wo die durchnagten Ketten noch keine Gebirge, sondern flaches Vorland eines älteren Festlandes und nur in der Anlage vorhanden waren. Dieser von vielen Seiten, namentlich von Heim und Brückner günstig aufgenommenen Theorie stellt Löwl[85]) eine andere Erklärungsweise entgegen, indem er einen bereits von Rütimeyer ausgesprochenen Gedanken weiter ausführt und der nach rückwärts schreitenden Erosion die schließliche Durchnagung von Wasserscheiden und ganzen Gebirgsketten zuschreibt. Eine historische Beleuchtung dieser Frage verdankt man A. Penck.[86]) Die in den letzten Jahrzehnten ausgeführten Untersuchungen über den Betrag der Tiefen- und Seitenerosion, über Verlegung und Verschiebung der Ströme, über Mäanderbildungen, über Verlegung von Wasserscheiden und über besondere Erosionsbildungen wie Flußterrassen, Riesenkessel, Strudellöcher u. dgl., bekunden das rege Interesse, welches diesen Fragen, namentlich in geographischen Kreisen, zugewendet wird. Sie sind in Penck's Morphologie (Bd. I, S. 259—385) in ausführlicher Weise erörtert.

Ueber die Fähigkeit fließender Gewässer Gesteinsschutt in Gestalt von Geschieben und Sand oder als schwebenden Schlamm zu trans-

portieren, die durch Verwitterung oder Erosion und Corrasion gelieferten Gesteinstrümmer abzunutzen, abzurunden, umzuformen und zu zerkleinern und als Material für die Sedimentablagerungen vorzubereiten, liegen aus älterer Zeit zwar vielfache Beobachtungen vor; exactere Studien über diese Fragen wurden aber erst in diesem Jahrhundert angestellt. Die ersten genaueren Angaben über die Menge schwebender Theilchen in Flüssen und speciell im Ganges scheinen von Everest (1832) herzurühren; seitdem wurden von Wassertechnikern, Geologen und Geographen so viele Bestimmungen über die Transportfähigkeit von Bächen, Flüssen und Strömen gemacht, daß nunmehr über die Quantität und die Beschaffenheit des Materials, welches ein Fluß in seinen verschiedenen Theilen absetzen muß, genaue Vorstellungen gewonnen sind.*) Experimentelle Versuche über die Art der Abrundung und Zertrümmerung von Gesteinsstücken während des Wassertransportes wurden von Daubrée, Erdmann und v. Hochenburger angestellt.

Die Entstehung und Beschaffenheit von Sedimenten im Alluvionsgebiet von fließenden Gewässern beim Eintritt in Süßwasserseen oder ins Meer ist bereits von de la Beche, Lyell und Elie de Beaumont eingehend und richtig erörtert worden. Die neueren Darstellungen dieser Verhältnisse bei Delesse und in den Lehrbüchern von Arch. Geikie, de Lapparent, F. v. Richthofen ꝛc. stützen sich im Wesentlichen auf jene älteren Werke. Auch auf diesem Gebiet haben amerikanische Forscher, wie Hayden und Gilbert, Humphries und Abbot Bemerkenswerthes geleistet. Ueber Deltabildungen hat Rud. Credner[87]) eine vortreffliche Monographie veröffentlicht.

Für die mechanische Einwirkung des Meeres auf die Küsten durch Gezeiten, Strömungen, Wellenschlag, Brandung und Sturmfluthen hat v. Hoff, soweit es sich um Ereignisse historischer Zeit handelt, einen kaum zu übertreffenden Bericht geliefert. Das speciellere Studium der Vorgänge, welche bei der Zerstörung der Küsten von Meeren und Südwasserseen in Betracht kommen, blieb im Wesentlichen der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts vorbehalten. Vortreffliche Schilderungen der Brandungsthätigkeit finden sich allerdings schon bei de la Beche

*) Ausführliche Mittheilungen über den Transport von Geschieben und Schlammführung der Flüsse finden sich in Penck's Morphologie. Bd. I. S. 277 bis 307.

und Ch. Lyell und in generellerer Weise hat O. Peschel (1879) die Küstengestaltung unserer Meere unter dem Einfluß der zerstörenden Thätigkeit des Meeres behandelt. Mit ganz neuen Gesichtspunkten trat jedoch v. Richthofen an diese Frage heran. Hatte Peschel die Wirkungen der Brandung u. s. w. lediglich bei einem gegebenen und constanten Meeresniveau berücksichtigt, so faßte v. Richthofen[88]) auch die Thatsache ins Auge, daß eine Küste entweder in aufsteigender oder in sinkender Bewegung sich befinden kann. Im ersteren Fall wird die Brandung des sich zurückziehenden Meeres nur eine der ursprünglichen Böschung des Ufers parallele Abhobelungsfläche bilden können, die durch die Arbeit der Atmosphärilien rasch ein unregelmäßiges Aussehen erhalten muß. Tritt ein Stillstand in der Bewegung ein, so wird eine Uferterrasse entstehen und bei periodisch wiederkehrenden Pausen können mehrere solche Uferterrassen in verschiedenen verticalen Abständen auftreten. Ganz anders arbeitet die zerstörende Wirkung des Ozeans an sinkenden Küsten. Für diese hat v. Richthofen im Anschluß an Ramsay und G. Davidson, die schon früher von abrasiver Thätigkeit der Brandung gesprochen hatten, die Bezeichnung Abrasion eingeführt. Das Meer dringt nach Maßgabe der Hinwegräumung des entgegenstehenden Widerstandes und der Zertrümmerung der Ufer, tiefer und tiefer in das Land ein und bildet eine ebene oder schwach ansteigende Abrasionsebene, auf welcher bei gestörtem Schichtenbau die Sedimente in übergreifender (transgredierender) Lage zum Absatz kommen. Flächen von vielen Tausenden von Quadratmeilen können auf solche Weise abgehobelt werden; denn unter allen mechanisch zerstörenden Agentien kann nach Richthofen nur die gegen das Innere eines Continentes vorschreitende Brandungswelle derartige Flächen hervorbringen. Leider entziehen sich die Wirkungen der abradierenden Thätigkeit in der Regel dem Blick des Beobachters, weil die gebildeten Flächen unter den Wasserspiegel gelangen und meist rasch durch Sediment verhüllt werden. Nach Richthofen's Methode suchten Th. Fischer[89]) (1885 und 1887), Krümmel[90]) (1889), Philippson[91]) (1893) und Penck (1894) die einzelnen Vorgänge an Meeresküsten klarer zu stellen. Eine Menge wichtiger Beobachtungen über Wirkung der Brandung &c. finden sich auch in Th. Stevenson's Treatise on Harbours (1876). K. Gilbert[92]) legte die Wellenthätigkeit an den Ufern von Binnenseen in vortrefflicher Weise dar und behandelt namentlich die Entstehung der Uferterrassen eingehend.

Seine Beobachtungen haben auch für Meeresbecken ohne Gezeiten Gültigkeit.

Die mechanische Thätigkeit des Meeres beschränkt sich fast ganz auf die Küsten und deren nächste Umgebung. Schon bei Tiefen von 20 und 30 Metern macht sich die Wellenbewegung am Boden nur noch durch Bildung von leichten, mehr oder weniger parallelen Furchen und Erhöhungen, den sogenannten Ripplemarks, bemerkbar und bei 200 Meter Tiefe hört überhaupt jede mechanische Einwirkung auf. Auch die ozeanischen Ströme, denen de Maillet, Buffon, Cuvier und viele Andere einen bedeutenden Antheil an der Configuration der Erdoberfläche zuschreiben, reichen nach den neueren Untersuchungen nur in geringe Tiefen und verlieren über seichtem Boden und an der Küste meist schnell an Kraft. Nur wo Strömungen durch die Küstenbildung eingenagt sind oder wo sie als Ausgleichsströme zwischen zwei Ozeanen eine bedeutende Stärke erhalten, wie bei Gibraltar oder am Bosporus, können sie energische Leistungen hervorbringen, den Boden kahl fegen, unter Umständen sogar erodieren. Die Entstehung der auf dem Grund der Ozeane vorhandenen Thalfurchen und Wannen dürfte nur in seltenen Fällen durch untermeerische Erosion zu erklären sein; in der Regel wird man sie als untergetauchte Festlandsthäler oder als tektonische Vertiefungen anzusehen haben. Mit den als Wülste, Hieroglyphen oder auch als problematische Fossilien bezeichneten Gebilden an sandigen und schlammigen Küsten hat sich Th. Fuchs neuerdings eingehend beschäftigt und ihre mechanische Entstehung auf experimentellem Wege zu erklären versucht.

Mit dem Ausdruck Denudation bezeichnet man die Entfernung und Abtragung der Producte von Verwitterung, Deflation, Erosion und Abrasion, also den Prozeß, welcher erst mit der Ausgleichung aller Niveauverschiedenheiten zum Abschluß gelangt. Unter subaërischer Denudation versteht man die durch Windverwitterung, fließendes Wasser und etwa noch durch Eis bewirkte Abtragung und diese kommt fast ausschließlich in Betracht, sofern es sich um die jetzige Oberflächengestaltung der Festländer handelt. Schon im vorigen Jahrhundert hatte Guettard (1774) die „Degradation" der Berge und der gesammten Erdoberfläche auf Abspülung und Erosion zurückgeführt; de Luc (1779) gesteht diesen Factoren freilich nur geringe Bedeutung zu und findet in der Vegetation ein Schutz-

mittel, das dieselben nahezu aufhebt. Im Gegensatz zu de Luc war Ebel so sehr überzeugt von der gewaltigen Gebirgszerstörung durch atmosphärische Wirkungen, daß er genaue Panoramen der Schweizer Alpen zeichnete, um nach ihnen in späterer Zeit die eingetretenen Veränderungen beurtheilen zu können. Buckland gebrauchte zuerst die Bezeichnung Denudation für die Abschwemmung und Ausfurchung der Festländer durch die Sintfluth, allein mit dem Zusammenbruch der Katastrophentheorie verschwindet allmählich auch die Sintfluth als universelles Ereigniß aus der geologischen Literatur. Nüchterner hatte Playfair die Wirkung von Abspülung und Erosion beurtheilt und sogar die Abtragung der Festländer, allerdings ohne exacte Grundlage approximativ berechnet. Eine etwas genauere Abschätzung nahm A. Taylor (1850) vor, indem er die Menge des von den Flüssen dem Ozean zugeführten Materials annähernd zu bestimmen versuchte. Ziffermäßige Angaben über die Denudation im Gangesgebiet nach der Menge des von diesem Fluß transportierten Schlammes liegen aus dem Jahr 1868 von Arch. Geikie[93]) vor, dessen treffliche Ausführungen zeigen, wie ein Land durch subaërile Abtragung vollständig eingeebnet werden kann. Seitdem sind verschiedene andere Berechnungen angestellt worden, welche sich wie die von Croll, Deffner, Heim[94]), Steck[95]), Humphries und Abbot auf die Menge der in einem bestimmten Flußgebiet abgelagerten Sinkstoffe stützen oder wie die von Mellarde Reade und A. Penck die Frage von allgemeineren Gesichtspunkten behandeln.

Daß auch in früheren Erdperioden die Denudation eine große Rolle gespielt haben muß, konnte nicht verborgen bleiben, nachdem man über die Zusammensetzung und Entstehung der Sedimentgesteine richtige Anschauungen gewonnen hatte. Schon im Anfang dieses Jahrhunderts sprachen Berzelius und Hisinger die Vermuthung aus, die jetzt in Westgothland verbreiteten (silurischen) Sedimentgesteine seien nur die zurückgebliebenen Schollen einer einstigen zusammenhängenden und durch spätere Abschwemmung beseitigten Decke. Obwohl Leop. v. Buch[96]) (1842) seine gewichtige Autorität gegen diese Hypothese in die Waagschale warf und die Wegräumung von Gebirgsarten, welche sich über ganze Länder erstrecken, bezweifelte, und obwohl auch Elie de Beaumont der Denudation nur geringe Bedeutung zuschrieb, so erwiesen sich doch die Thatsachen stärker als die Autoritäten. Ramsay[97]) zeigte 1846, daß die paläozoischen Sedimentgesteine von

Cornwall und Südwales aus Trümmern älterer Gebirgsarten zusammengesetzt sind, daß somit diese Gebiete schon in sehr früher Zeit durch Denudation gewaltige Verluste erlitten haben. Auf große Abtragungen von Triasgesteinen im südlichen Thüringen hatte Emmrich 1873 hingewiesen und 1880 suchte Bücking[98]) aus der Menge des fortgeführten Materials wenigstens annähernd den Betrag dieser Denudation auszurechnen. Daß die libysche Wüste und die algerische Sahara mit ihren zahllosen Inselbergen ein großartiges Denudationsgebiet darstellen, dessen Abtragung wahrscheinlich während der Pliocän- und Diluvialzeit erfolgte, wurde von Pomel und Zittel nachgewiesen und eine nicht minder bedeutende Denudation in den Tafelländern des Coloradogebietes schildert das prachtvoll ausgestattete Werk Dutton's (1882) über den Gran Cañon. M. Neumayr[99]) wurde durch das Studium der geographischen Verbreitung der Juraformation zur Annahme von ungemein ausgedehnten Abtragungen genöthigt und W. Branco[100]) hat mit unwiderleglichen Gründen den Rückzug des Nordrandes der Schwäbischen Alb seit der mittleren Tertiärzeit um 23 Kilometer nachgewiesen und die bereits im Jahre 1859 von O. Fraas und Deffner angenommene Abschwemmung der ehemals vorhandenen Juraablagerungen zwischen der Schwäbischen Alb, der Rheinebene und wahrscheinlich auch auf dem Schwarzwald und den Vogesen bestätigt. Diese wenigen, aus der großen Menge von Thatsachen herausgegriffenen Beispiele zeigen, wie vorsichtig man bei Reconstruction von Karten über die Vertheilung von Festland und Meer in früheren Erdperioden die heutige Verbreitung der Sedimentärablagerungen verwerthen muß und auf wie unsicherer Basis besonders Karten über die älteren Formationen ruhen, bei denen sich der Umfang der späteren Denudationen kaum mehr übersehen läßt.

Ueber den Antheil, welcher der subaërischen und marinen Thätigkeit bei Abtragung ausgedehnter Flächen zukommt, sind die Ansichten getheilt; doch wird von den meisten Autoren der ersteren das Hauptgewicht beigelegt. Giraud Soulavie hatte allerdings den Unterschied zwischen Thaleinschnitten und Steilrändern (Escarpements) betont und die ersteren durch Flußerosion, die letzteren durch Brandung eines ehemaligen Meeres erklärt; allein neuere Untersuchungen haben diese Unterscheidung als unhaltbar befunden. Als ausgezeichnetes Beispiel einer vortertiären Denudation durch marine Brandung wurde von

Lyell[101]) das breite Wälderthal geschildert. Die ziemlich steil abfallenden Gehänge der North- und South-Downs, welche die Niederung des Wälderdistrictes begrenzen, hält Lyell für Klippen einer ehemaligen Meeresküste; die Ausfegung der Thalebene wurde durch Meertransport erklärt. Gegen diese Deutung erhob zuerst Greenwood[102]) Einsprache, und in der lebhaften Discussion über die Entstehung des Wealddistrictes stellte sich nur Mackintosh unbedingt auf die Seite Lyell's, während Ramsay, Neve Foster[103]), Topley[104]) und Whitaker[105]) der Meinung Greenwood's zustimmten und die jetzige Oberflächengestaltung des fraglichen Gebietes unbedingt der Abspülung und fluviatilen Erosion zuschrieben. Die trefflichen Darlegungen von Whitaker und Topley über den Unterschied zwischen Küstenklippen und Erosionsgehängen sind durchaus überzeugend. Uebrigens gaben sowohl Ramsay als auch die übrigen Gegner Lyell's zu, daß die Abtragung des ursprünglichen Schichtensattels des Wealden durch marine Abrasion erfolgt sei; ja Ramsay bezeichnete schon 1847 einen Theil des silurischen Hügellandes von Wales als eine durch marine Abrasion entstandene Oberfläche und erörtert überhaupt zuerst die Entstehung von Ebenen durch marine Denudation. Am entschiedensten ist v. Richthofen für die Bedeutung der Abrasion eingetreten. Unter allen mechanisch zerstörenden Agentien vermag sie allein ganze Continente abzuschleifen und Gebirge abzuhobeln. Sie nimmt nach v. Richthofen unter allen von außen auf die Erdrinde wirkenden Kräften den ersten Rang ein und wird in ihren mächtig umgestaltenden Funktionen noch kaum genügend gewürdigt.[106]) An sinkenden Küsten entstehen die regionalen Abrasionsebenen und auf ihnen setzen sich übergreifend die späteren Sedimente ab. „Wo immer sich Transgression über weite Strecken sehr gleichmäßig findet, wird die Ablagerungsfläche in der Regel durch regionale Abrasion gebildet sein.“ Als Beispiele von Abrasionsflächen aus älteren Erdperioden, denen der Stempel ihrer Entstehung unverkennbar aufgedrückt sei, werden u. A. das Terrassengebirg am Yangtsze, der Westabhang der Sierra Nevada in Californien, die nördlichen Ardennen, das südliche Saargebiet angeführt. Die Ursache des Eindringens der abradierenden Brandungswelle in das Innere der Festländer vermag v. Richthofen allerdings nicht zu erklären. „Wahrscheinlich liegen dieser Erscheinung kosmische Vorgänge zu Grunde, aber bis jetzt sind uns die Gründe dieser Thatsache noch tief ver-

schleiert." Die Richthofen'sche Abrasionstheorie hat in Deutschland rasch Eingang gefunden; dagegen verhalten sich die englischen, amerikanischen und französischen Autoren noch ziemlich zurückhaltend. Archibald Geikie hält die marine Denudation für verschwindend gering gegenüber der subaërilen; W. T. Blanford sucht nachzuweisen wie die letztere der Meeresabrasion durch Transport und Ablagerung von Schutt und Sedimenten an den Küsten entgegenarbeite und ihre Kraft lähme; W. M. Davis und nach ihm de Lapparent erklären die Entstehung von Denudationsebenen (peneplains) durch subaërische Erosion und auch A. Penck steht im Wesentlichen auf dem von A. Geikie vertretenen Standpunkt.

Mechanische Sedimente im Meer. Der durch die Zerstörung der Festländer erzeugte Gesteinsschutt, welcher theilweise durch fließende Gewässer, theilweise durch Wind dem Meer zugeführt wird und sich dort mit dem durch Abrasion der Küsten gewonnenen Material vermischt, bildet im Ozean Sedimente von verschiedener Beschaffenheit. Die gröberen Materialien sinken rasch zu Boden und lagern sich unmittelbar an der Küste ab, sofern sie nicht von der Brandung ergriffen, zerkleinert und nach ihrer Schwere sortiert werden. Das auf diese Weise aufbereitete Gesteinsmaterial wird an den Küsten hin- und hergeschoben, zuweilen zu wallförmigen Zügen angehäuft oder durch die rückläufigen Wellen ins Meer geführt und je nach der Größe und Schwere der Fragmente in verschiedenen Zonen abgelagert. Am häufigsten bildet sich eine sandige Randablagerung von 100 bis 600 Kilometer Breite, hinter welcher sodann eine Zone von bläulichem oder grünlichem Continentalschlamm folgt, welcher weit in den Ozean getragen wird und sich noch in sehr großen Tiefen beobachten läßt. Schon im vorigen Jahrhundert hatte de Maillet Untersuchungen über die Art und Weise der Sedimentbildung im Meer angestellt und in den Werken von de la Beche, Lyell und Elie de Beaumont finden sich eine Menge, zumeist an den englischen und französischen Mittelmeerküsten gemachte Beobachtungen über Meeressedimente und Deltabildungen. In vortrefflicher Weise hat der französische Ingenieur und Geologe Delesse die Entstehung und Beschaffenheit der marinen Sedimente geschildert. Nach einer ausführlichen Darlegung über das vom Festland gelieferte und nach dem Ozean transportierte Material beschreibt Delesse[107]) zunächst die Sedimente im ganzen Küstengebiet von Frankreich und sodann in

den übrigen Meeren von Europa und an den Ufern von Nord- und Centralamerika. Drei in Farbendruck ausgeführte Karten zeigen die Verbreitung und Beschaffenheit der marinen Sedimente in den genannten Gebieten und veranschaulichen zum ersten Mal den großen Wechsel in der Natur der Sinkstoffe an ein und derselben Küste. Delesse verwerthet seine Erfahrungen über die modernen Sedimentbildungen zur Herstellung von Karten über die Vertheilung von Wasser und Land im jetzigen Frankreich während der Silur-Trias-, Lias-, Eocän- und Pliocän-Periode. Diese Constructionen, denen rohe Skizzen von Elie de Beaumont, Lyell und Dana vorausgingen, sind vorbildlich geworden für alle späteren paläokartographischen Versuche, unter denen der Atlas von Canu[107]) zwar viel weiter ins Detail geht, jedoch die Klarheit der Delesse'schen Karten nicht erreicht.

Alles Wesentliche, was über die Beschaffenheit der Meeressedimente bis zum Jahr 1871 bekannt war, findet sich in dem wichtigen Delesse'schen Werk zusammengestellt. Es versagt aber gänzlich, sofern es sich um die Bodenbedeckung im offenen Ozean handelt. In Grundproben, welche Capitain Brooke 1857 im Meere von Kamtschatka aus Tiefen von 900 bis 2700 Faden emporgehoben hatte, wies Bailey die Existenz von submarinen, aus Diatomeen, Radiolarien und Foraminiferenschälchen zusammengesetzten abyssischen Sedimenten nach, wie sie aus geringeren Tiefen bereits früher durch Ehrenberg, Joseph Hooker und Pourtalès beschrieben worden waren. 1857 begannen die Lothungen im atlantischen Ozean zum Behuf einer Kabelverbindung der alten und neuen Welt und bei dieser Gelegenheit kam Huxley durch Capitän Dayman vom Cyclop in Besitz verschiedener Grundproben, die Veranlassung zu einer genauen Beschreibung des Globigerinen Schlammes und zur Aufstellung des Bathybius boten. Zwischen 1860 und 1870 wurden vielfache Lothungen im atlantischen Ozean, an den englischen und amerikanischen Küsten vorgenommen und die Berichte von Wyville Thomson, Carpenter und Pourtalès hatten werthvolle Aufschlüsse über pelagische Sedimente geliefert. Mit der berühmten, fast vierjährigen Weltumseglung des englischen Schiffes Challenger (1872—1876) beginnt eine neue, höchst fruchtbare Periode der pelagischen und Tiefsee-Forschung. Der prächtig ausgestattete Schlußbericht der Challenger Expedition über die Tiefseesedimente von Murray und Renard[109]) enthält eine

zusammenfassende Darstellung des gesammten modernen Wissens über die in den offenen Ozeanen befindlichen und noch jetzt entstehenden Ablagerungen. Vergleicht man diesen Bericht mit dem Delesse'schen Werk, so läßt sich am besten die gewaltige Unterstützung ermessen, welche die Geologie der modernen Tiefseeforschung für die richtige Beurtheilung der Entstehung vieler mariner Sedimentärgesteine verdankt. Im Challenger Report werden alle Tiefseesedimente in zwei große Gruppen der „terrigenen und pelagischen" Ablagerungen eingetheilt. Die ersteren halten sich in ihrer Verbreitung an die Nähe der Küsten und bestehen aus Material, welches von der mechanischen Abtragung und Zerstörung des festen Landes herrührt. Die letzteren verdanken ihren Ursprung theils der organischen Welt, theils unterseeischen Vulkanen und bedecken den Boden der offenen Weltmeere. Sämmtliche Sedimente werden makroskopisch, mikroskopisch und chemisch beschrieben, ihr Vorkommen auf zahlreichen Lothungskarten genau verzeichnet und schließlich in einer Uebersichtskarte die geographische Verbreitung derselben dargestellt. Benachbarte Ablagerungen gehen einerseits allmählich in einander über, andererseits zeigen sie oft bei verhältnißmäßig geringen Aenderungen in den Tiefenverhältnissen erhebliche Verschiedenheiten. Die hier allein zu besprechenden, auf mechanischem Wege entstandenen Bildungen sind ganz überwiegend terrigenen Ursprungs und finden sich theils unmittelbar an der Küste in seichtem Wasser (Kies, Sand, Schlamm) oder in etwas größerer Entfernung in ansehnlicher, zuweilen sogar in sehr bedeutender Tiefe. Es sind Schlammabsätze von blauer, grüner und rother Farbe, welche durch Flüsse oder die Brandung dem Meere überliefert und von den Meeresströmungen auf dem Boden der Ozeane verbreitet wurden. Die Farbstoffe sind für Blau theils organische Substanz, theils Eisensulfid, für grün Glaukonit, für roth Eisenocker. An Küsten, wo vulkanische Gesteine vorherrschen, besteht der marine Schlamm aus feinzerriebenem vulkanischem Material. Auch der pelagische rothe Thon, welcher namentlich im pacifischen und indischen Ozeane eine enorme Verbreitung besitzt und in der Regel die größten Tiefen bedeckt, ist nach den Untersuchungen von Murray und Renard im Wesentlichen aus stark zersetzten vulkanischen Producten gebildet, die theils subaërischen, theils submarinen Eruptionen entstammen. Er enthält mancherlei charakteristische Beimengungen wie knollige Manganconcretionen, Bimssteinknollen und Spuren von meteorischem

Eisen und Staub. Auch an Haifischzähnen, Walfischknochen und anderen mehr oder weniger zersetzten organischen Resten ist der rothe Thon ziemlich reich; an vielen Stellen geht er ganz allmählich in kalkigen oder Pteropoden-Schlamm über. Besonderes Interesse beanspruchen die auf dem Meeresgrund durch Wechselwirkung von Seewasser und Gesteinssubstanz entstehenden Neubildungen, denen der rothe Thon, sowie die darin vorkommenden Manganconcretionen, Zeolithe und Phosphate ihren Ursprung verdanken. Für die Genesis vieler urweltlicher Sedimentärgesteine wurde erst durch die moderne Tiefseeforschung der richtige Schlüssel gefunden und darum wird der Challenger Bericht stets einen Markstein für die wissenschaftliche Entwickelung dieses Theiles der dynamischen Geologie bilden.

Chemische Absätze im Wasser. Ueber die in Quellen, Grundwässern, Flüssen und Seen gelösten Bestandtheile existiert eine fast unübersehbare Menge von Analysen in chemischen, technischen, hygienischen, medicinischen und geologischen Werken. G. Bischof hat das Wichtigste aus dieser Literatur zum erstenmal in seiner chemischen Geologie zusammengestellt und noch viel reichhaltigeres Material enthält der 1. Band der allgemeinen und chemischen Geologie von J. Roth (1879). In neuerer Zeit hat Mellard Reade[110]) den Betrag der dem Meer durch die Süßwasserflüsse zugeführten Menge von chemisch gelösten Stoffen rechnerisch festzustellen versucht und dabei Zahlen erhalten, welche, wenn sie durch weitere Analysen Bestätigung finden, zu weittragenden Schlußfolgerungen Veranlassung bieten. Die in süßen Gewässern auf rein chemischem Wege, ohne Beihilfe von Organismen, entstehenden Absätze sind in den genannten Werken von Bischof und Roth so eingehend erörtert, daß über die Entstehung der chemischen Quell- und Süßwasserabsätze, wie Kalktuff, Travertin, Sprudelstein, Süßwasserkalk- und Dolomit, Kieselsinter, Eisenocker, Raseneisenerz, Sanderz und anderer minder verbreiteter Bildungen kaum noch Meinungsverschiedenheiten bestehen. Durch die Entdeckung der Geysirgebiete in Neuseeland und im Yellowstone-Park und die Beschreibung der dortigen wunderbaren Absätze von Kieselsinter und Kalktuff durch v. Hochstetter[111]), Hayden und Peale[112]), Weed[113]) u. A. wurde die Kenntniß über die geologische und topographische Bedeutung dieser Gebilde wesentlich gefördert und auch die neuere Höhlenliteratur enthält viele fesselnde Beschreibungen über Stalaktiten und sonstige unterirdische Kalkabsätze.

Die ältesten Analysen von Meerwasser aus dem Anfang dieses Jahrhunderts rühren von A. Vogel, Marcet, Wollaston und v. Bibra her. Im Jahre 1845 begann der Kopenhagener Chemiker Forchhammer seine umfassenden Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit von Meerwasser, deren Resultate in einer großen Zahl von Schriften und zuletzt in einer grundlegenden Abhandlung[114]) zusammengefaßt wurden. Auch G. Bischof hat Analysen über Meerwasser geliefert und wie J. Roth das Gesammtwissen über diese Frage sorgsam compiliert. Unter den chemischen Absätzen im Ozean oder in salzigen Binnenseen kommen nur Steinsalz und Gyps in Betracht. Alle übrigen Substanzen sind in so geringer Menge vorhanden, daß sie nur unter ganz besonderen Bedingungen zur Ausscheidung gelangen. Im Allgemeinen entstehen im offenen Ozean keine chemischen Absätze, weil die große Wassermasse die aufgenommenen Stoffe in Lösung erhält. Nur minimale Quantitäten von kohlensaurem Kalk und Dolomit scheinen unter besonderen Bedingungen ausgefällt zu werden. Gyps und Steinsalz scheiden sich dagegen in reichlicher Menge aus in salzigen Binnenseen, z. B. im Salzsee von Utah, in den Salzseen in Centralasien und Südrußland, in den Schotts der Sahara und in scharf gesalzenen Binnenmeeren. Durch Verdunstung von Meerwasser in den Salzgärten und Salzpfannen der wärmeren Zonen werden große Mengen von Kochsalz gewonnen. Usiglio[115]) hat 1849 den Verdunstungsprozeß von Meerwasser und die in bestimmter Reihenfolge zum Absatze gelangenden Substanzen durch Laboratoriumsversuche mit Wasser des Mittelmeers controlliert und seine Ergebnisse auf die Entstehung der Steinsalzlager angewandt. Ueber das nordkaspische Steppengebiet und die daselbst vorhandenen Salzseen hatte C. v. Baer[116]) schon 1854 einen anziehenden Bericht veröffentlicht, worin er die Salzausscheidungen schildert und aus der Verbreitung der Salzseen auf eine einstige viel größere Ausdehnung des caspischen Meeres schließt. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Gilbert[117]) durch die Untersuchung des großen Salzsees von Utah. Ueber das Todte Meer und dessen Salzgebilde liegen viele Berichte vor, unter denen nur die von O. Fraas und L. Lartet hervorgehoben werden mögen. Auch die Schotts in der algerischen und tunesischen Sahara, sowie die Salzseen der libyschen Wüste und Persiens haben eine stattliche Literatur hervorgerufen. Die Uebereinstimmung der Hauptverdunstungsproducte des Meerwassers und der Salzseen mit den

Steinsalzlagern in der Erdkruste legte von jeher den Gedanken nahe, daß auch jene aus einstigen Meeren ausgeschieden worden seien. Fichtel (vgl. S. 127) hatte schon im vorigen Jahrhundert die Ansicht ausgesprochen, die siebenbürgischen Steinsalzlager seien Verdunstungsrückstände aus Meerwasser, das nach Erstarrung der Erdkruste in unterirdische Hohlräume eingedrungen sei. Das stockförmige Auftreten von Steinsalz hatte freilich den jüngeren Charpentier zu der Ansicht veranlaßt, der Salzstock von Bex im Wallis könne nur durch Sublimation in einer Spalte entstanden sein. Eine plutonische Entstehungsweise nach Art der krystallinischen Massengesteine wurde dem Steinsalz von Karsten (1848), Zeuschner (1850) und Abich (1850) zugeschrieben. Gegen diese Anschauungsweise erhob G. Bischof energische Einsprache. Gestützt auf die Erfahrungen im Todten Meer und in den nordkaspischen Salzseen entwirft G. Bischof ein anschauliches Bild, wie er sich die Entstehung der Salzlager in ehemaligen Seebecken denkt. Seitdem stößt die Annahme, daß die Stöcke und Lager von Steinsalz durch chemischen Niederschlag aus Meeren und Binnenseen früherer Erdperioden entstanden seien, auf keinen ernstlichen Widerspruch mehr, allein es bedurfte doch noch der Entdeckung der Salzlager von Staßfurt und Kalusz mit ihren leichtlöslichen Abraumsalzen, um die vollständige Uebereinstimmung der jetzigen Verdunstungsproducte des Meerwassers mit denen der einstigen Meere darzuthun. Dieser Beweis ist von E. Reichhardt[118]) und noch eingehender von F. Bischof[119]) in überzeugender Weise geliefert worden. Es waren aber, wie Ochsenius[120]) scharfsinnig nachgewiesen hat, besondere Bedingungen erforderlich, um die Entstehung der Steinsalzlager zu ermöglichen. Standen Ausbuchtungen des Ozeans oder kleinere Becken, ähnlich wie das Mittelmeer mit dem atlantischen Ozean, nur durch einen schmalen Zugang mit dem Hauptmeer in Verbindung, der zeitweilig durch Bodenbewegungen abgeschlossen werden konnte, bildeten Sandbänke oder submarine Barren einen Riegel, der nur eine beschränkte Communication, etwa während der höchsten Gezeiten zuließ und bei geringen Niveauveränderungen der Erdkruste das kleinere Becken von dem offenen Ozean bald absperrte, bald wieder in Verbindung setzte, so konnte während der Periode der Absperrung überall da, wo die Verdunstung die Zufuhr von süßem Wasser überwog, eine Concentration des Salzwassers eintreten und schließlich die Ausscheidung von Gyps, Anhydrit und Salz herbei-

führen. Trat dann am Schluß eine dauernde Isolierung und vollständige Austrocknung der auf diese Weise entstandenen natürlichen Salzpfanne ein, so mußten zuletzt auch die Mutterlaugensalze nach dem Grade ihrer Löslichkeit auskrystallisieren. Bei Staßfurt und Kalusz sind diese Kalium und Magnesium haltigen Mutterlaugensalze in den oberen Abraumschichten, unter einer schützenden Decke von Thon noch erhalten geblieben; in den meisten Salzlagern wurden sie aber nachträglich wieder aufgelöst und von den Tagwässern fortgeführt.

c) Geologische Wirkungen des Eises.

Daß die Bedeutung des Eises als geologisches Agens viel später gewürdigt wurde als die des Wassers, erklärt sich leicht aus der viel beschränkteren Verbreitung und der weniger in die Augen fallenden Wirkungen des Eises. Ueberdies waren gerade diejenigen Regionen, in denen die Eiswirkungen ihre großartigste Entfaltung aufweisen, noch im vorigen Jahrhundert gemieden und nur wenigen kühnen Forschern bekannt. Das Fluß- und See-Eis der Festländer und das Meereis der Polargebiete kommt für den Geologen wenig in Betracht und ist nahezu bedeutungslos für die Beurtheilung von Vorgängen in früheren Erdperioden. Hohes Interesse dagegen beanspruchen in physikalischer, geographischer und geologischer Hinsicht die Gletscher der Hochgebirge und die Inlandeismassen der polaren Festländer.

Als Gegenstand wissenschaftlicher Forschung erscheinen die Gletscher zum erstenmal in Joh. Jac. Scheuchzer's Reisebeschreibung der Schweizer Alpen. Der unermüdliche und gelehrte Polyhistor erwähnt die wenig bekannten Beobachtungen von Simler und Hottinger über die Entstehung und Fortbewegung der Gletscher und erklärt letztere, nach einer sorgfältigen Beschreibung verschiedener von ihm besuchten Gletscher durch Infiltration und Gefrieren von Wasser in Spalten und sonstigen Zwischenräumen. Scheuchzer ist somit der Vater der später von Charpentier und Agassiz specieller begründeten Dilatationstheorie. Ueber Gletscher schrieben auch der Pfarrer Altmann (1750) und G. S. Gruner (1760), ohne jedoch wesentlich Neues zu bringen. Sie deuten die Bewegung der alpinen Eismassen als Abrutschen auf einer geneigten Unterlage. Weder Scheuchzer noch die beiden zuletzt genannten Autoren hatten die Moränen besonderer

Aufmerksamkeit gewürdigt. Dagegen bietet eine kurze Abhandlung von Bernh. Fr. Kuhn im Höpfner'schen Magazin für Helvetiens Naturkunde (1787) nicht nur eine treffliche Beschreibung des Grindelwaldgletschers und seiner Moränen, sondern der Verfasser verfolgt auch die alten Moränen über das Eisgebiet hinaus und schließt daraus auf eine ehemals viel größere Ausdehnung des Gletschers. H. B. Saussure's berühmtes Reisewerk (1796—1803) enthält im Gegensatz zu de Luc's feuilletonistischen Schilderungen (1778) Beschreibungen der Gletscher im Wallis, Berner Oberland und der Montblanc-Gruppe, in denen kaum eine wichtige Erscheinung übersehen ist. Auch die Bildung, Anordnung, Zusammensetzung und Bewegung der Moränen finden die sorgfältigste Beachtung. Saussure benutzt die Moränen als Mittel zur Bestimmung der Ausdehnung und des Vor- und Rückschreitens der Gletscher, ohne übrigens daraus weitere Schlußfolgerungen zu ziehen. Auffallender Weise bringt er weder die Glätte des Gletscherbodens noch die »Roches moutonnées« mit der Bewegung der Eismassen in Beziehung und schließt sich bezüglich der letzteren an Altmann und Gruner an, indem er der „Gleitungstheorie" eine wissenschaftliche Form zu verleihen sucht. Saussure hat in F. J. Hugi [121]) einen Nachfolger gefunden, der die Kenntniß der alpinen Gletscher wesentlich förderte. Als kühner Bergsteiger beschränkte Hugi seine Untersuchungen nicht auf die unteren Teile der Gletscher, er stieg zu ihren Firnmulden empor und baute sich sogar 1827 auf dem Finsteraargletscher eine Hütte, worin er längere Zeit verweilte. Er beobachtete mancherlei Thatsachen über die Beschaffenheit von Schnee, Firn und Eis in verschiedenen Höhen, über die Lage der Firnlinie, über Spalten und Schrunde, die früheren Forschern entgangen waren. Seine Erklärung der Gletscherbewegung ist freilich unklar und auch die Angaben über Moränen sind unvollständig, manchmal sogar ungenau, wichtig dagegen jene über das Vor- und Rückschreiten der Gletscher. Im Jahre 1821 las der Ingenieur Venetz in der 8. Jahresversammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Bern eine Abhandlung über Temperaturschwankungen in den Schweizer Alpen vor, die erst 1833 veröffentlicht wurde und ganz neue Gedanken enthielt. Venetz machte darauf aufmerksam, daß es nicht nur Moränen gibt, welche mit dem periodischen Vorrücken und Rückschreiten der alpinen Gletscher in Zusammenhang stehen, sondern daß neben diesen auch noch andere Moränen in großer Entfernung

von den jetzigen Gletschern vorkommen, welche den Beweis für eine ungeheuere Ausdehnung der Eisströme in einer vorgeschichtlichen Periode liefern. 1829 begründete Venetz seine Anschauungen über die einstige größere Ausdehnung der Gletscher nochmals, verallgemeinerte die Hypothese, indem er gewaltigen Gletschern nicht nur die Moränenwälle in der Schweiz, sondern auch die Verbreitung der im Alpengebiet und im Norden von Europa so massenhaft vorkommenden erratischen Blöcken zuschrieb. Schon vorher hatte er den Salinendirector Joh. v. Charpentier in seine Ideen eingeweiht und diesen scharfsinnigen Beobachter zu Studien über Gletscher und erratische Bildungen angeregt. Hatte Charpentier anfänglich die Absicht, seinen Freund Venetz von der Unrichtigkeit seiner überspannten Ansichten zu überzeugen, so wurde er bald deren wärmster Vertheidiger. Im Jahre 1834 [122]) vertrat er in einem Vortrag zu Luzern die Meinung, die großen erratischen Blöcke könnten nicht durch Wasser transportiert worden sein; er zeigte, daß die in Wallis so häufigen Felsschliffe das Werk von Gletschern sind; er bestätigte die großartige Verbreitung der alten Moränen und der erratischen Bildungen und führte all' dies auf eine ehemalige gewaltige Gletscherausdehnung zurück, die er durch eine frühere größere Höhe des Gebirges zu erklären suchte. Der Vortrag von Charpentier erregte großes Aufsehen. L. Agassiz [123]) bemächtigte sich mit dem diesem Forscher eigenthümlichen Enthusiasmus der Glacialfrage und wurde im Sommer 1836 durch Charpentier während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Bex mit den erratischen Erscheinungen im Rhonethal, sowie mit den Gletschern der Diablerets und der Umgebung von Chamounix bekannt gemacht. Auch Karl Schimper, der Freund und Studiengenosse von Agassiz, nahm Theil an den gemeinsamen Glacialstudien und Excursionen im Wallis. Der geniale Botaniker hatte schon bei seinen Wanderungen in der bayerischen Hochebene die dortigen erratischen Blöcke kennen gelernt und ihren Transport aus den Alpen durch schwimmende Eisberge erklärt. Erwägungen über die Aufeinanderfolge und den Wechsel der vorweltlichen Floren und Faunen hatten Schimper zur Annahme periodisch wiederkehrender Verödungs- und Wiederbelebungszeiten veranlaßt. Die jüngste Verödungsperiode setzte Schimper mit den Findlingsblöcken in Verbindung und folgerte daraus eine großartige Eiszeit. Diese Ideen setzte Schimper in Vorlesungen, die er vor einer kleinen Zahl von Freunden in München

hielt, auseinander. Auch Agassiz*) hielt im Winter 1837 in Neuchâtel einen Cyclus von Vorträgen über Gletscher und Eiszeit, wobei eine am 15. Februar gedruckte Ode Schimper's über „die Eiszeit" durch den Dichter selbst vertheilt wurde. In diesem später (1841) nochmals veröffentlichten Gedicht wird die Katastrophe folgendermaßen geschildert:

„Ureis von damals, als die Gewalt des Frosts
Berghoch verschüttet selbst den Süden,
Eben verhüllt so Gebirg' als Meere!"

Erst im Juli 1837 gab Agassiz in der Jahresversammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft einen Bericht über seine Gletscherstudien und entwickelte die Ansicht, daß vor der Hebung der Alpen eine starke Temperaturerniedrigung eingetreten sei. Dieser Eiszeit sei die Bildung enormer Eismassen zuzuschreiben, welche die Erde

*) Jean Louis Agassiz ist am 28. Mai 1807 in Motier am Murtensee (Canton Waadt) als Sohn eines Geistlichen geboren; besuchte das Gymnasium in Lausanne, studierte in Zürich, Heidelberg und München Medicin und Naturwissenschaften; beschäftigte sich schon als Student viel mit lebenden und fossilen Fischen und trat nach Publication der ersten Lieferung seines großartigen Werkes über fossile Fische in Paris mit Cuvier und Humboldt in persönliche Beziehung. 1832 wurde der schon weltberühmte junge Forscher Professor an der Akademie in Neuchâtel und machte zwei Jahrzehnte hindurch die kleine Cantonshauptstadt zu einem Centrum wissenschaftlicher Forschung. Im 27. Jahr erhielt er von der Geological Society die goldene Wollaston-Medaille, besuchte 1834 zum erstenmal im Interesse seines Fischwerkes Großbritannien, wo er die wärmste Aufnahme in allen gelehrten Kreisen fand. Im Sommer 1836 begann er unter Charpentier's Leitung seine Glacialstudien, die er zehn Jahre lang in den Schweizer Alpen, in Großbritannien und später auch in Nord- und Südamerika mit glänzendem Erfolg fortsetzte. 1846 folgte er einem Ruf nach Nordamerika, hielt dort in vielen Städten Vorträge, übernahm 1851 eine Professur für Naturgeschichte in Charlestown, die er 1853 mit einer solchen am Harvard College in Cambridge vertauschte, gründete 1859 mit privater und staatlicher Unterstützung das großartige Museum of comparative Zoology und entfaltete durch öffentliche Vorträge, Unterricht am Harvard College und zahlreiche Publicationen eine in ihrer Art fast einzig dastehende wissenschaftliche Thätigkeit, die ihm eine große Popularität verschaffte. Die Anhänglichkeit an sein herrliches Museum, die Gelegenheit, in der unmittelbaren Nähe des Meeres zoologische Studien zu treiben und sich an verschiedenen marinen Expeditionen zu betheiligen, und nicht zum geringsten die enthusiastische Aufnahme, welche er in Nordamerika gefunden hatte, und der große Einfluß, den er auf die ganze Entwickelung des dortigen wissenschaftlichen Lebens ausübte, veranlaßten Agassiz

überall da bedeckt hätten, wo jetzt erratische Blöcke und Felsschliffe zu beobachten seien. K. Schimper fühlte sich verletzt, daß ihm nach seiner Meinung die Priorität der Eiszeittheorie von Agassiz geraubt wurde und entzweite sich darum mit seinem alten Freunde. Während er sich aber auf seine Ode und ein an die schweizerische Naturforscherversammlung in Neuenburg gerichtetes Sendschreiben beschränkte, durchwanderte Agassiz meist in Begleitung von E. Desor und B. Studer die Alpen und den Jura, besuchte die Gletscher der Mont Blanc- und Monte Rosa-Gruppe, des Berner Oberlandes und Wallis, fand überall Gletscherschliffe, Moränen, erratische Blöcke und legte die Ergebnisse seiner Forschungen in einem anziehend geschriebenen Werke nieder, das 1840 in französischer Sprache und 1841 in deutscher Uebersetzung durch C. Vogt erschien. Dieses den Herren Venetz und Charpentier gewidmete Buch enthält die erste generelle Darstellung der alpinen Gletschererscheinungen. Sie stützt sich zum großen Theil auf Saussure und Hugi, schenkt jedoch den Moränen größere Aufmerksamkeit und begründet die noch jetzt gültige Terminologie (Endmoränen, Seitenmoränen oder Gandecken, Mittelmoränen oder Gufferlinien) für diese Schuttmassen. Von einer Grundmoräne spricht Agassiz noch ebensowenig als seine Vorgänger, wohl aber erklärt er im Gegensatz zu Saussure die Entstehung der Mittelmoränen in naturgemäßer Weise durch die Vereinigung zweier Seitenmoränen. Bezüglich der Bildung der Gletscher aus herabfließendem oder gleitendem Firn befindet sich Agassiz in Einklang mit Scheuchzer, Saussure und Hugi; als Erklärung der Bewegung erscheint ihm Scheuchzer's Infiltrations- und Dilatationstheorie am entsprechendsten. Mit Nachdruck verweilt Agassiz bei den Einwirkungen der Gletscher auf ihren Boden, er hebt das Verdienst Charpentier's hervor, welcher zuerst auf die abschleifende und polierende Thätigkeit der Gletscher hingewiesen habe, und schildert

zur Ablehnung lockender Anerbieten zur Rückkehr in sein Heimathland und später zur Annahme einer Professur am Museum in Paris. Er wurde amerikanischer Bürger und beschloß sein ruhmreiches Leben am 14. December 1873 in Cambridge, Massachussetts. Abgesehen von seinen bahnbrechenden Arbeiten über fossile Fische und seinen Gletscherstudien, veröffentlichte Agassiz werthvolle Monographien über fossile und lebende Echiniden und Mollusken, sowie zahlreiche zoologische Werke. 1868 erschien sein Bericht über eine Reise nach Brasilien, welcher 1871 eine weitere zum Zweck der Tiefseeforschung um das Cap Horn nach Californien folgte. Agassiz bekämpfte bis zu seinem Tode mit großer Energie die Darwin'sche Selectionstheorie.

eingehend die Rundhöcker, den geglätteten Gletscherboden und die charakteristischen parallelen Kritzen, Streifen und Furchen auf demselben. Bezüglich des periodischen Vor- und Rückschreitens der Gletscher kann Agassiz eine gesetzmäßige Regelmäßigkeit nicht anerkennen; für ihn sind die Schwankungen der Gletscher das Resultat von zwei sich streitenden Kräften: der Vorwärtsbewegung der Eismassen und der abschmelzenden Thätigkeit der Atmosphäre. Die Größe der Gletscher hängt somit wesentlich von den klimatischen Bedingungen ab, jede Aenderung der letzteren kann entweder eine Ausdehnung oder Verkleinerung der ersteren herbeiführen. Daß aber die Gletscher in einer früheren Periode eine gewaltige Ausdehnung besaßen, dafür legen nach Agassiz alte Moränen, zurückgelassene Blockreihen in den Alpenthälern, Felsschliffe, Karrenfelder, Gletschermühlen und regellos in der Ebene ausgestreute erratische Blöcke beredtes Zeugniß ab. Die Fülle von Beobachtungen über das Vorkommen dieser Erscheinungen in und außerhalb der Alpen und über die Verbreitung und Herkunft der Findlingsblöcke haben unvergänglichen Werth. Auch der scharfsinnigen Widerlegung des von Saussure und Leop. v. Buch[124]) vertheidigten Transportes der erratischen Blöcke durch gewaltige Ströme wird man mit ebenso großem Interesse folgen als der Abfertigung, welche der Explosionstheorie von Silberschlag und de Luc der Abrutschtheorie auf einer schiefen Ebene von Dolomieu und der Drifttheorie von Lyell zu Theil wird. Nachdem Agassiz auch die in Skandinavien durch Al. Brongniart und G. Sefström, in Schottland durch Sir J. Hall beobachteten Felsschliffe, sowie die Verbreitung der erratischen Blöcke wenigstens flüchtig besprochen hat, geht er zur speciellen Begründung seiner Eiszeittheorie über. Anknüpfend an die Katastrophentheorie Cuvier's und an die von Elie de Beaumont mit diesen und den verschiedenen geologischen Formationen in Verbindung gebrachten Gebirgserhebungen, nimmt Agassiz mehrfach wiederkehrende Temperaturerniedrigungen am Ende der geologischen Perioden an. Unmittelbar vor der Erhebung der Alpen bedeckte sich die Erde mit einer ungeheueren Eiskruste. Skandinavien und die großbritannischen Inseln, die Nord- und Ostsee, das nördliche Deutschland, die Schweiz, das Mittelmeer bis zum Atlas, das nördliche Amerika und das asiatische Rußland waren ein ungeheueres Eisfeld, aus welchem nur die höchsten Spitzen der damals bestehenden Berge (die Centralalpen existierten noch nicht) auftauchten, und dessen

Grenzen uns noch heute durch die Grenzen der erratischen Blöcke bezeichnet sind. Bei der Erhebung der Alpen wurde auch diese Eiskruste, wie alle anderen Gesteinsschichten gehoben; die Trümmer, welche bei dieser Umwälzung von den erhobenen Gebirgen sich losrissen, fielen auf das Eis und wurden nachher auf seiner Oberfläche fortbewegt. — — „Durch die beständige Bewegung dieser Masse, welche wie unsere Gletscher, die Richtung der größten Neigung haben mußte, wurden alle beweglichen Gebilde unter ihr zerrieben und zermalmt bis zu einem feinen Sande; die festeren Felsen wurden poliert und die feinen Streifen in ihre glatte Oberfläche durch die härteren Körner des Sandes, welcher sich unter dem Druck eines so ungeheueren Gewichtes befand, eingeritzt.“ — — Als nun die Alpen gehoben worden waren, erwärmte sich die Erdoberfläche von Neuem; beim Schmelzen des Eises entstanden große Vertiefungen da, wo die Kruste am dünnsten war; Erosionsthäler wurden da in den Boden eingegraben, wo am Grunde der Spalten die Ströme schmelzenden Eises zwischen ihren gefrorenen Wänden dahinflossen, und als das Eis weggeschmolzen war, blieben die großen eckigen Blöcke an Ort und Stelle auf der Geröll- und Sandschicht, über welche früher die Eisdecke sich hinbewegt hatte, zurück.“

Kurze Zeit nach dem Erscheinen des Agassiz'schen Werkes (1841) veröffentlichte der Canonicus Rendu, später Bischof von Annecy, eine Abhandlung, worin dem Gletschereis trotz seiner Härte und Sprödigkeit eine gewisse Ductilität zugeschrieben wird, die ihm gestatte, sich wie eine weiche Teigmasse seiner Umgebung anzuschmiegen. Mit diesem Satze eilt Rendu seiner Zeit voraus, denn bis dahin hatte noch Niemand an die Möglichkeit einer Verbindung von Plasticität und Sprödigkeit gedacht.

Im gleichen Jahre (1841) erschien unter dem Titel Essai sur les Glaciers ein Werk von J. v. Charpentier, das an Reichthum neuer Thatsachen, feiner Beobachtung und logischer Schärfe der Beweisführung zu den bedeutendsten Leistungen der damaligen Zeit auf dem Gebiete der Geologie gehört. Der begabte Schüler Werner's, dessen grundlegende Untersuchungen in den Pyrenäen bereits (S. 146) erwähnt sind, schildert im ersten Theil seines wenig umfangreichen Werkes die Gletschererscheinungen mit einer an Saussure erinnernden Präcision und mit einer bis dahin unerreichten Vollständigkeit. Er stützt sich hierbei fast ausschließlich auf eigene Beobachtungen, während Agassiz

vielfach literarische Angaben verwerthete. Noch wichtiger ist der zweite Theil über die erratischen Bildungen. Charpentier charakterisiert zunächst die normalen diluvialen und alluvialen Fluthablagerungen im Gegensatz zu den erratischen Gebilden und erörtert sodann die Entstehung der letzteren. Nach einer höchst scharfsinnigen Besprechung und Widerlegung der verschiedenen Hypothesen über den Transport von erratischem Material weist Charpentier mit einer jeden Zweifel ausschließenden Sicherheit nach, daß nur Gletscher die alten Moränen und erratischen Blöcke auf ihre heutige Lagerstätte gebracht haben können. Seine Angaben über die Größe, Beschaffenheit, Zusammensetzung, Vertheilung, Höhenlage und Herkunft der erratischen Blöcke, sein Nachweis von Resten alter Moränen, von Felsschliffen und seine kartographische Darstellung des ehemaligen Rhonegletschers sind von unvergleichlicher Zuverlässigkeit. Mit der diesem Forscher eigenthümlichen Bescheidenheit schreibt er die Idee, daß einstige größere Gletscher das erratische Material in den Alpenthälern geliefert haben, nicht sich oder Venetz zu, sondern erzählt, daß ungebildete Bergbewohner, namentlich ein Gemsjäger Perraudin aus Lourtier und ein gewisser Marie Deville aus Chamounix gesprächsweise solche Gedanken geäußert hätten. Auch auf eine total vergessene Bemerkung Playfair's, wonach Gletscher allein große, scharfkantige Blöcke zu transportieren vermögen und wonach ehemals in der Schweiz gewaltige Gletscher existiert haben mußten, weist Charpentier hin. Gegen die von Agassiz angenommene zusammenhängende Eisdecke erhebt Charpentier ernste Bedenken, indem er zeigt, daß die Verbreitung der erratischen Blöcke eine ganz andere sein müßte, wenn sie, wie Agassiz meinte, auf einer schiefen Eisfläche von den Alpen herabgeglitten wären. Er beweist ferner, daß die große Ausdehnung der Gletscher nicht vor, sondern erst nach der Entstehung der Alpen eingetreten sei, daß die Vertheilung des Erraticums abhängig sei von den Alpenthälern und daß es sich somit nicht um eine nach Schluß der Tertiärperiode eingetretene universelle Eiszeit, sondern lediglich um eine sehr viel größere Ausdehnung der Gletscher handeln könne. Charpentier lehnt alle astronomischen Erklärungen für die während der Gletscherzeit herrschende Temperaturerniedrigung ab und betrachtet das Anwachsen der Eisströme als locale Erscheinung. Seine frühere Annahme einer größeren Höhe der Alpen gibt er auf und erklärt die Entstehung des feuchten und kühlen Klimas während der Gletscherzeit durch eine nicht sonderlich

glückliche Hypothese. Während der Hebung der Alpen und der damaligen Erdkatastrophe seien zahllose Spalten entstanden, die bis zu dem heißen Erdinnern hinabreichten; in diese Spalten sei Wasser eingedrungen und durch die Verdunstung dieser Wassermassen unter dem Einfluß der in den Spalten herrschenden Hitze sei eine mit Wasserdämpfen geschwängerte Atmosphäre entstanden, deren reichliche Niederschläge die Temperatur erniedrigten und die Anhäufung von Firnschnee und Eis bewirkten. Nach Ausfüllung der Spalten durch eingeschwemmtes Material erlangte die Luft ihre frühere reinere Beschaffenheit und die Gletscher zogen sich wieder ins Gebirge zurück.

Obwohl Agassiz und Charpentier in ihren Schlußfolgerungen keineswegs übereinstimmen, indem sich der eine einen großen Theil der nördlichen Hemisphäre unter einer zusammenhängenden Eisdecke verhüllt denkt, der andere nur eine größere Ausdehnung der noch jetzt existierenden Gletscher annimmt, so befolgen die zwei ausgezeichneten Forscher doch dieselbe inductive Methode und die Grundsätze, welche, sie bei ihren Glacialstudien leiteten, sind bis zum heutigen Tage maßgebend geblieben. Hatte Agassiz anfänglich hauptsächlich den Moränen und sonstigen äußeren Erscheinungen der Gletscher seine Aufmerksamkeit gewidmet und darauf seine Eiszeit begründet, so bildeten zwischen 1840 und 1845 die Eisströme selbst den Hauptgegenstand seiner Forschung. Ausgerüstet mit physikalischen Instrumenten und einem Bohrapparat begab er sich 1840 nach dem Grimsel-Hospiz und errichtete im Schutz eines großen Blockes auf der Mittelmoräne des unteren Aargletschers eine primitive Hütte, das Hotel des Neuchâtelois, das er im Sommer 1840 zuerst mit seinen Begleitern E. Desor, C. Vogt, Fr. v. Pourtalès, C. Nicolet und H. de Coulon bezog. Agassiz und Pourtalès übernahmen die meteorologischen Beobachtungen und die Untersuchungen über die innere Struktur und Bewegung der Gletscher, C. Vogt studierte die mikroskopische Fauna des rothen Schnees, Nicolet die Flora der Umgebung, Desor und Coulon die eigentlichen Gletschererscheinungen und die Moränen. In den folgenden Jahren betheiligten sich auch Arnold Escher von der Linth, Ferd. Keller, der Schotte J. D. Forbes, der Topograph Wild, der Maler Burkhardt u. A. allerdings nur vorübergehend an den Arbeiten auf dem Aargletscher und an den Ausflügen, die von hier aus unter der Führung des von Hugi geschulten trefflichen Bergführers Leuthold nach dem Gipfel der Jungfrau und anderen

Bergspitzen ausgeführt wurden. Die ersten exacten Beobachtungen über die Bewegung des Eises in den verschiedenen Theilen eines Gletschers und zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, die erste genaue topographische Vermessung eines Gletschers, die ersten systematischen, in verschiedenen Jahreszeiten angestellten Temperaturbeobachtungen des Eises, die ersten durch Bohrungen ermittelten Thatsachen über die Dicke und innere Beschaffenheit des Gletschereises und eine Fülle von anderen wichtigen Erscheinungen wurden dadurch festgestellt. Mit welcher Kühnheit und Aufopferung die enthusiastische Forscherschaar arbeitete, geht z. B. daraus hervor, daß sich Agassiz einmal in einen 125 Fuß tiefen Gletscherbrunnen herabließ, um dort die Struktur, die Wassercirculation in den feinsten Spalten und die Temperatur des Gletschereises zu studieren. Während Agassiz mit seinen Genossen im Hochgebirg thätig war, durchstreifte auf seine Veranlassung A. Guyot die entlegeneren Thäler am Nord- und Südfuß der Alpen, um dort die einstige Ausdehnung der Gletscher und die erratischen Bildungen zu studieren. Ein gemeinsames Werk sollte die Gesammtergebnisse aller dieser Forschungen vereinigen. Im ersten Theil gedachte Agassiz selbst die eigentlichen Gletschererscheinungen zu schildern, ein zweiter Band von Guyot sollte die erratischen Bildungen im Alpengebiet und ein dritter von Desor jene außerhalb der Schweiz bringen. Nur der erste Band mit einem Atlas in Folio wurde veröffentlicht.[125]) A. Guyot siedelte nach Princeton in Nordamerika über und deponierte im dortigen Museum seine 5000 erratischen Gesteinsproben. Die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchungen wurden 1843 und 1847 im Bulletin de la Société des Sc. nat. de Neuchâtel veröffentlicht.

Bei Aufstellung der Eiszeittheorie kannte Agassiz das nordische Diluvium nur aus der Literatur. Durch einen Besuch der britischen Naturforscherversammlung in Glasgow im Sommer 1840 erhielt er die erwünschte Gelegenheit, die erratischen Bildungen im schottischen Hochland zu studieren.[126]) In Begleitung seines früheren Gegners Buckland, den er vollständig zu seinen Ansichten bekehrt hatte, fand er überall alte Moränen, Gletscherschliffe, Rundhöcker und erkannte in dem schottischen „Till“ gekritzte Geschiebe und sonstiges Material, das die Gletscher bei ihrer Bewegung auf dem Boden fortschieben. Die Bedeutung der gekritzten Geschiebe als Kennzeichen von glacialen Bildungen war damit zum erstenmal anerkannt. Im Système

glaciaire nähert sich Agassiz etwas den Anschauungen Charpentier's; er hält zwar noch an der zusammenhängenden polaren Eisdecke fest, gesteht aber jetzt zu, daß die Kälteperiode erst nach Entstehung der Alpen eingetreten, und daß die Vereisung des Alpengebietes von jener der nordischen Länder getrennt sei. Auch die Dilatation erachtet Agassiz zur Erklärung der Fortbewegung der Gletscher nicht mehr für ausreichend, er glaubt vielmehr, daß neben der durch Aufthauen und Gefrieren des infiltrierten Wassers bewirkten Ausdehnung auch das Abgleiten und eine gewisse von Rendu und Forbes nachgewiesene Plasticität des Gletschereises mitwirken.

Die Begeisterung der Neuchâteler Glacialforscher wirkte ansteckend. Gletscherstudien wurden für einige Jahre äußerst populär. Der Physiker James Forbes aus Edinburg brachte zwischen 1842 und 1844 alljährlich mehrere Wochen in der Schweiz zu, um Gletschereis und dessen Bewegung zu studieren.[127]) Er stellte fest, daß die Gletscher in der Mitte rascher vorwärts schreiten als an den Rändern und folgerte daraus eine Zähflüssigkeit des Gletschereises, die ein langsames Abwärtsfließen nach Art der Lavaströme bedinge. Eine Menge Erscheinungen fanden erst durch die Forbes'sche Theorie eine naturgemäße Erklärung. Sie erfreute sich darum trotz der Einsprache des Physikers Hopkins rasch allgemeiner Anerkennung. Der Botaniker Ch. Martins aus Montpellier hatte Gelegenheit, die Gletscher in Spitzbergen und Skandinavien mit denen der Schweiz zu vergleichen. Er zeigte[128]), daß auch in Skandinavien die Gletscher ehemals eine enorme Ausdehnung besaßen und ihm verdankt man die ersten eingehenderen Studien über „Grundmoränen" und über Ablagerung strömender Gletscherwässer (Glacialdiluvium), welche in späterer Zeit eine so große Wichtigkeit für die ganze Auffassung der Diluvialgebilde erlangen sollten. In Schottland und Wales suchten Buckland und Ramsay, in Piemont und Oberitalien Gastaldi und B. Studer, in den Vogesen Collomb, Renoir, Hogard u. A., in den Pyrenäen Charpentier und Max Braun, im Schwarzwald K. Schimper erfolgreich nach Spuren einer einstigen Vergletscherung, und auch in Nordamerika wurde die großartige Verbreitung von Moränen, Gletscherschliffen und erratischen Blöcken nachgewiesen.

Durch Charpentier, Agassiz, Martins u. A. war die ehemalige Vergletscherung der Schweiz, eines Theiles von Großbritannien und Norwegens so fest begründet, daß man sich in diesen Ländern mit

der Eiszeittheorie rasch befreundete. Norddeutschland allein verhielt sich ablehnend. Leop. v. Buch hatte mit Entrüstung auf der Neuchâteler Versammlung die Ansichten von Agassiz bekämpft und seiner mächtigen Autorität beugten sich noch fast dreißig Jahre lang die meisten deutschen Geologen. Nur in Bayern, wo die alpinen Gletscherphänomene leichter zu erreichen sind, erhoben sich Stimmen für den Transport erratischer Blöcke durch Gletscher oder Eisschollen. In München hatte der Astronom Gruithuisen schon 1809 eine Abhandlung über erratische Blöcke der südbayerischen Hochebene veröffentlicht und sich für deren Herkunft aus den Tyroler Alpen ausgesprochen. Zu ihrer Fortschaffung nahm er Gletscher an, die von den Fluthen gehoben und solange fortgetragen worden seien, bis entweder eine Abschmelzung oder eine Strandung eintrat. Auch Karl Schimper, von dem noch eine Manuscriptkarte der erratischen Blöcke Südbayerns vorhanden ist, hatte Eisschollen, die während der großen Eiszeit durch gewaltige Fluthen von den Alpen herabgetragen wurden, als Vehikel für die Findlinge angenommen.

Für die Entstehung des erratischen Diluviums im Norden Europas glaubte man theils in mächtigen Fluthen, theils in schwimmenden Eisschollen oder Eisbergen eine genügende Erklärung gefunden zu haben. Bereits 1802 meinte der Berliner Physiker Wrede die Granitblöcke an der Odermündung seien aus den schlesischen Gebirgen durch Eisschollen nach Norden verfrachtet worden. Diese Ansicht stand mit den herrschenden Anschauungen über die erratischen Blöcke Norddeutschlands und Rußlands in Widerspruch; denn daß diese zum großen Theil aus Skandinavien stammen, das hatten schon im vorigen Jahrhundert verschiedene Autoren vermuthet und Leop. v. Buch (1810), Hausmann (1827), Al. Brongniart (1828), Kloeden u. A. mit absoluter Sicherheit bewiesen. Eine ganz andere Hypothese stellte A. Bernhardi, Professor an der Forstakademie in Dreißigacker, ohne Kenntniß von den Untersuchungen von Venetz, Charpentier und Agassiz im Jahre 1832 auf.[129]) Er meinte, das Polareis habe einst bis an die südlichste Grenze des Landstriches gereicht, welcher jetzt von erratischen Felstrümmern bedeckt wird. Dasselbe sei im Lauf der Jahrtausende bis zu seiner jetzigen Ausdehnung zusammengeschmolzen; die nordischen Geschiebe aber seien nichts Anderes als die Moränen, welche jenes ungeheuere Eismeer bei seinem allmählichen Zurückziehen hinterlassen habe.

Auffallenderweise gerieth diese erste Begründung eines gewaltigen bis nach Deutschland reichenden Polargletschers total in Vergessenheit und ebenso wurde eine Bemerkung von Jens Esmarch (1824) über eine ehemalige größere Ausdehnung der norwegischen Gletscher übersehen. Ein Zusammenwirken von Umständen erklärt diese Thatsache. Zunächst nahmen die Untersuchungen von Charpentier und Agassiz das Interesse fast ganz in Anspruch. Sodann hielt Leop. v. Buch noch streng an seiner Schlammfluththeorie fest und erhielt in dem Schweden Nils G. Sefström (geb. 1787, gest. 1845) einen rührigen Bundesgenossen. Sefström[130]) ließ das ganze Diluvium in Skandinavien, Finland, Rußland und Deutschland durch gewaltige Fluthen entstehen, deren mächtige Stoßkraft nordisches Material bis an den Fuß der Alpen geschleppt habe. Endlich wurde zwischen 1840 und 1843 durch britische Geologen, namentlich durch Lyell[131]), de la Beche, Darwin[132]) und Rod. Murchison[133]), denen die Erfahrungen von Parry, Scoresby und Roß über polare Gletscher und schwimmende Eisberge genau bekannt waren, die „Drifttheorie", d. h. der Transport erratischen Materials durch schwimmende Eisschollen wissenschaftlich begründet und fand in Rußland in Böthlingk[134]), in Deutschland in Bronn[135]), in Dänemark in Forchhammer[136]), in Frankreich in Frapolli warme Anhänger. Böthlingk's schöne Untersuchungen über das Diluvium in Finland und Lappland führten den jungen, leider zu früh verstorbenen Forscher zu dem Ergebniß, daß zwar die Hauptmasse der diluvialen Gebilde durch Fluthen abgesetzt, die erratischen Blöcke aber durch Eisschollen an ihre jetzige Stelle gelangt seien. Die abgerundeten, geschliffenen, mit Schrammen und Kritzen bedeckten Felsen betrachtete er als Wirkung von mit Felsblöcken beladenen Fluthen. Hierin zeigt sich Böthlingk durch Sefström beeinflußt, der alle Rundhöcker und Kritzen einer von Norden kommenden, mit Geschieben beladenen Fluth zuschrieb und überall an den Rundhöckern eine nördliche polierte und geschrammte Stoßseite und eine südliche rauhe „Seeseite" erkennen wollte. Die Drifttheorie schien allen Erscheinungen des nordischen Diluviums Rechnung zu tragen. Mit der ehemaligen großen Ausdehnung der Gletscher in Gebirgsländern konnte man sich leicht abfinden, gegen die Agassiz'sche Eiszeittheorie, gegen die große zusammenhängende Eisdecke verhielt man sich dagegen fast durchwegs ablehnend. Selbst die Annahme eines von Skandinavien oder Finland bis tief nach Deutschland und

Rußland sich erstreckenden Riesengletschers erschien den meisten Geologen abenteuerlich.

Als zudem durch die Uebersiedelung von Agassiz nach Nordamerika (1847) die Glacialforschung ihre treibende und führende Kraft verloren hatte, trat eine gewisse Stagnation in diesem Gebiete ein. Der Elsässer Fabrikant Dollfuß-Ausset erbaute zwar 1840 an Stelle der Neuchâtelhütte seinen stattlichen Aarpavillon und setzte bis zum Jahre 1870 Gletscherbeobachtungen fort, deren Ergebnisse in einem bändereichen Werk veröffentlicht wurden[137]); Stotter berichtete 1846 über die Geschichte des Vernagtgletschers im Oetzthal, die Brüder Schlagintweit publicierten 1850 ihre Untersuchungen über die Gletscher der Ostalpen, der Züricher Physiker Mousson schrieb 1854 ein Lehrbuch der Gletscherkunde[138]), Agassiz selbst fand in Nordamerika Gletscherschliffe, gekritzte Geschiebe, Moränen, Aåsar ꝛc. in Hülle und Fülle; Rink lehrte 1857, daß Grönland von einer zusammenhängenden Eismasse bedeckt sei, und daß die ins Meer hereinragenden Gletscher den Meeresgrund bis zu einer Tiefe von 1000 Fuß unter dem Wasserspiegel schrammen können; aber all dies brachte keine neue Bewegung in die Glacialforschung. Erst nachdem A. Ramsay*) die einstige Vergletscherung von Wales und Schottland[139]) überzeugend nachgewiesen, Spuren von zwei Eiszeiten daselbst erkannt, aus der Beschaffenheit der Breccien und Geschiebe der Malvern und Abberleyhügel sogar auf die Existenz von Gletschern während der Permischen

---

*) Andrew Crombie Ramsay, geboren 1814 in Glasgow, widmete sich anfänglich dem Kaufmannsstand, wurde jedoch nach Veröffentlichung einer trefflichen Abhandlung über die geologische Beschaffenheit der Insel Arran von de la Beche 1841 als Assistent für die Geological Survey gewonnen, welcher er 40 Jahre als Aufnahmsgeologe, Localdirector für England und Wales und nach Murchison's Tod (1871) als Generaldirector angehörte. Gleichzeitig wirkte er als Professor der Geologie an der Bergschule in London. Ramsay galt für den besten Feldgeologen in Großbritannien; sein Hauptwerk ist eine geologische Beschreibung von Nordwales (Mem. Geol. Surv.), die in zwei Auflagen (1866 und 1881) erschien. Außerdem veröffentlichte er eine geologische Karte von England und Wales (1859. — 5. Aufl. 1881). Neben seiner amtlichen Thätigkeit beschäftigte sich Ramsay vielfach mit den Problemen der physikalischen Geographie und dynamischen Geologie. Sein Lehrbuch der physikalischen Geologie und Geographie von Großbritannien ist von 1864 bis 1878 in fünf Auflagen erschienen. (Vgl. Arch. Geikie. Memoir of Sir Andrew Crombie Ramsay. London 1895.)

Periode geschlossen hatte[140]), kam die Frage über periodisch wiederkehrende Eiszeiten, über Eiserosion und damit die ganze Glacialgeologie wieder in neuen Fluß. Die schon von Venetz und Morlot ausgesprochene Meinung, daß während der Diluvialzeit alle größeren Gletschergebiete mehrmals hintereinander vereist gewesen seien, gewann immer mehr Anhänger, insbesondere als Oswald Heer in der Schweiz sich aus paläontologischen Gründen für eine mildere Interglacialzeit zwischen zwei diluvialen Vergletscherungen ausgesprochen hatte.

Nachdem Ramsay die totale Vergletscherung von Wales in Schottland nachgewiesen und diese Gebiete der Drifttheorie entzogen hatte, zeigten Kjerulf und O. Torell, daß auch Skandinavien einstens vollständig mit Eis bedeckt war. Torell[141]) hatte reiche Erfahrungen an den Gletschern in Grönland, Island und Spitzbergen gesammelt und wandte diese nunmehr auf die Diluvialablagerungen Schwedens an. Er erkannte den glacialen Ursprung des dortigen Geschiebelehms, der Grundmoränen, Aåsar und erratischen Blöcke und überzeugte sich auf einer Reise durch Norddeutschland, daß auch die dortigen Diluvialbildungen vorwiegend glacialen Ursprungs sind. In Deutschland herrschte im Jahre 1874 die Drifttheorie fast unumschränkt, nur in Südbayern hatten Stark aus topographischen Gründen, Zittel[142]) durch Nachweis typischer Grund- und Endmoränen eine Vergletscherung der schwäbisch-bayerischen Hochebene nachgewiesen. Die Schwierigkeiten gewisse Erscheinungen des norddeutschen Diluviums mit der Drifthypothese in Einklang zu bringen, war übrigens bereits vielfach empfunden worden, es bedurfte darum nur eines leisen Anstoßes, um auch dieses letzte Bollwerk des Drift niederzulegen. Torell gebührt das Verdienst, durch einen überzeugenden Vortrag in der deutschen geologischen Gesellschaft am 3. November 1875 Norddeutschland vom Bann einer Lehrmeinung befreit zu haben, die mehrere Dezennien hindurch jeden Fortschritt in der Diluvialgeologie hintan gehalten hatte. Jetzt kam man wieder auf den Standpunkt zurück, den Bernhardi 1832 in seinem kurzen Aufsatz über den Transport der nordischen Geschiebe und Blöcke vertreten hatte. Nachdem aber einmal der richtige Weg gewiesen war, wurde er mit seltenem Eifer verfolgt und die solange vernachlässigte Untersuchung der Diluvialbildungen in der Norddeutschen Ebene brachte eine wahre Fluth von Literatur hervor. Zu den ersten Forschern, welche sich der neuen Torell'schen Inlandeistheorie anschlossen, gehören Credner, Dames, A. Penck und

Wahnschaffe, denen sich später Nehring, Keilhack, E. Geinitz, Gottsche, Zeise und viele Andere zugesellten. Den Gnadenstoß versetzte A. Penck[143]) der Drifttheorie (1879) in einer geistvollen zusammenfassenden Abhandlung über die Geschiebeformation Norddeutschland. Seitdem haben die ungemein sorgfältigen officiellen Aufnahmen des norddeutschen Tieflandes, um welche sich neben den bereits Genannten namentlich Berendt, Meyn, Jentzsch, Laufer, Klebs u. A. verdient gemacht haben, die Kenntniß der Glacialbildung ungemein gefördert.

Selbstverständlich erfreuten sich auch die nordischen Geschiebe wieder größerer Beachtung; nach der petrographischen Beschaffenheit suchten Seeck, Liebisch, Klockmann, E. Geinitz, Neef, Haas u. A., nach den Versteinerungen Karsten, Meyn, F. Römer, Dames, Nötling, Remelé, Pompeckj, Stolley u. A. die Herkunft der fremden Gesteinstrümmer mit möglichster Genauigkeit zu bestimmen. Daß Skandinavien, woselbst Kjerulf und Torell den Anstoß zu dem neuen Aufschwung der Glacialforschung gegeben hatten, nicht hinter Deutschland zurückblieb, ist begreiflich. Erdmann, Nathorst, de Geer, Holm u. A. in Schweden, Helland, Mohn, Reusch in Norwegen förderten die Kenntniß der glacialen Bildungen, und auch in Dänemark, Rußland, Holland nahm die Diluvialforschung einen frischen Aufschwung. In der Schweiz schlossen sich den Veteranen E. Desor[144]), B. Studer, Rütimeyer, Morlot und Alphonse Favre[145]) eine Anzahl jüngerer Fachgenossen, wie Heim, Mühlberg, Isid. Bachmann, Gutzwiller, Du Pasquier u. A. an und verfolgten eifrigst die Ausdehnung der ehemaligen Gletscher und die Beschaffenheit ihrer Ablagerungen. Ueber die Vergletscherung der deutschen Alpen nebst ihren Vorlanden veröffentlichte Albrecht Penck[146]) ein Werk, das für alle späteren, vielfach unter seiner direkten Inspiration ausgeführten Glacialforschungen in den deutschen und österreichischen Alpen geradezu vorbildlich wirkte. Die Abhandlungen von Clessin, Bayberger und v. Ammon über die ehemaligen Gletscher der bayerischen, sowie die von Brückner, A. v. Böhm, Diener u. A. über die Glacialbildungen der österreichischen Alpen vervollständigten allmählich das Bild der einstigen Vergletscherung dieses Gebirgszuges. Auch in Italien, Frankreich[147]) und ganz besonders in Nordamerika erwachte ein reges Interesse für glaciale Studien. In Großbritannien halten Howorth, Hull und

Bonney noch an der Lyell'schen Trifttheorie fest, die Mehrzahl der britischen Geologen befindet sich jedoch unter der Führung von Ramsay und der Gebrüder Geikie im Lager der Glacialisten.

Neben dem glacialen Diluvium fanden auch die eigentlichen Gletscherstudien in den Alpen und den Polargebieten eifrige Förderung. Die mehr als 40jährigen feinen Beobachtungen Fr. Simony's am Dachsteingletscher, Pfaff's Studien an den Fernern des Großglockners und nicht zum geringsten die von der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft am Rhonegletscher und vom deutschen und österreichischen Alpenverein in den östlichen Alpen veranlaßten Beobachtungen über das Vor- und Rückschreiten und den durch genaue Vermessungen festgestellten Wechsel in der Ausdehnung alpiner Gletscher vermehrten die Kenntniß über das Glacialphänomen. Noch wichtiger erwiesen sich, namentlich zum Verständniß der Glacialbildungen in der norddeutschen Tiefebene und in Nordamerika, die Untersuchungen der Polargletscher. Amund Helland's überraschende Beobachtungen über die Schnelligkeit der Bewegung der Gletscher bei Jacobshavn, Nordenskiöld's Schilderung und Fritjof Nansen's kühne Durchquerung des Grönländ'schen Inlandeises, Keilhack's und v. Drygalski's eingehende Studien an den Gletschern und Eisfeldern von Island und Grönland bestätigten in kaum zu widerlegender Weise die Annahme der diluvialen, von Torell postulierten Inlandeismassen.

Auf die abschleifende und erodierende Thätigkeit der Gletscher hatte Charpentier zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt und gezeigt, wie die »Roches moutonnées« und der geglättete und geschrammte Gletscherboden entstehen; eine große Bedeutung für die Umgestaltung der Erdoberfläche räumte jedoch Charpentier der Glacialerosion nicht ein, wies vielmehr darauf hin, daß sich die alten Gletscher überall in bereits vorhandenen Thälern bewegten. Auch Agassiz schrieb seiner Eisdecke im Wesentlichen eine schützende Wirkung zu und betonte namentlich, daß die Alpenseen durch die frühere Vergletscherung vor Ausfüllung bewahrt worden seien. Als darum Gabriel de Mortillet[148]) zu beweisen suchte, die jetzigen alpinen Seebecken hätten vor der Eiszeit noch nicht existiert, verdankten ihren Ursprung also der erodierenden Thätigkeit der diluvialen Gletscher, als dann Ramsay[149]) die Aushöhlung gewisser Seebecken in den ehemaligen Gletschergebieten, die Vertiefung der Alpenthäler und die Entstehung der norwegischen

Fjorde, Tyndall[150]) gar die Bildung der Alpenthäler durch Eiserosion erklären wollten, erhob sich von allen Seiten energischer Widerspruch. Mortillet selbst modificierte unter dem Einfluß Gastaldi's seine Ansicht dahin, daß er die früher vorhandenen Seebecken nur durch die Gletscher ausfegen und von ihrer Schuttausfüllung befreien ließ; mit Entschiedenheit traten der Gletschererosion Ball (1863), Lyell (1863), Murchison, B. Studer, Desor (1863), A. Favre (1865), Rütimeyer (1869), Bonney (1873), Heim (1875), Omboni (1864), Mojsisovics (1868), Kjerulf (1871) u. A. entgegen. Auch Geographen, wie Peschel, El. Reclus, R. Credner, Zöppritz, E. Richter u. A. konnten sich nicht mit den Ramsay'schen Anschauungen befreunden, doch finden sie bei v. Richthofen wenigstens bedingte Zustimmung. Für Ramsay nahmen dagegen Partei Sir William Logan, Jukes, Archib. und James Geikie, Amund Helland, Stark u. A. Einer der entschiedensten und scharfsinnigsten Anhänger der Gletschererosion ist Alb. Penck[151]), dessen historische Darlegung der ganzen Frage eine seltene Beherrschung des Stoffs und der Literatur verräth. An Penck schließen sich neuerdings Brückner, A. v. Böhm, Blümcke und Finsterwalder, Upham und Nansen an, dagegen hält Heim mit großer Zähigkeit an der conservierenden Wirkung der Gletscher fest. Eine endgiltige Lösung hat die Frage der Glacialerosion bis jetzt noch nicht gefunden.

Für das Verständniß der Bewegungserscheinungen in den Gletschern wurden die physikalischen Versuche von Carnot und James Thomson (1849) über Verflüssigung von Eis unter starkem Druck und Herabsinken des Schmelzpunktes unter 0°, sowie die von Faraday (1850) zuerst erklärte Vereinigung oder Regelation angefeuchteter Eisstücke von großer Wichtigkeit. Die Physiker W. Thomson, Tyndall (1857) und Helmholtz (1865) wandten die beiden Erscheinungen auf die Gletscher an und suchten damit die mit Sprödigkeit verbundene Plasticität des Gletschereises und die eigenartige Bewegung der Eisströme zu erklären. Auch Matthews (1869), Pfaff (1875) und Steenstrup (1882) beschäftigten sich experimentell mit der bruchlosen Umformung von Eis und zeigten, daß dasselbe gegen Belastung und Druck eine gewisse Plasticität erkennen läßt. Durch Anwendung der Regelation und Verflüssigung von Gletschereis unter starkem Druck erhielt die Rendu-Forbes'sche Plasticitätstheorie eine bessere

Begründung und trug den endgiltigen Sieg über alle jene Hypothesen davon, welche neben der Schwere noch andere Kräfte, wie Dilatation oder Wachsthum des Gletscherkorns durch infiltriertes Wasser als treibendes Agens zu Hilfe nehmen. Letztere zuerst von Elie de Beaumont (1842) und Hugi (1843) in etwas unbestimmter Form ausgesprochene Meinung wurde von Forel (1882) in scharfsinniger Weise ausgebaut, jedoch von Heim mit guten Gründen bekämpft. In seinem trefflichen Handbuch der Gletscherkunde (Stuttgart 1885), worin das Gesammtwissen über die alpinen Gletscher in erschöpfender Weise dargestellt ist, entscheidet sich Heim im Wesentlichen für die Plasticitätstheorie, gesteht aber daneben dem Abgleiten in Folge der Schwere immerhin einige Bedeutung zu.

Daß zwischen der jüngsten Tertiärzeit und der jetzigen Erdperiode eine diluviale „Eiszeit“ fällt, in welcher die Gletscher eine gewaltige Ausdehnung erlangten und Inlandeis ansehnliche Theile von Europa, Asien und Nordamerika bedeckte, wird jetzt allgemein anerkannt. Auch für beträchtliche Oscillationen der Gletscher während der Eiszeit liegen zahlreiche Beobachtungen vor. Schon Ramsay und Heer hatten nach dem ersten Vorstoß einen Rückzug der Gletscher angenommen, welchem alsdann eine lange mildere Interglacialperiode und darauf eine neue Ausdehnung der Eismassen folgte. In gleicher Weise nehmen die meisten skandinavischen und norddeutschen Geologen zwei Eiszeiten an. A. Penck suchte für Norddeutschland und für die Alpen drei diluviale Eiszeiten nachzuweisen, James Geikie[152]) glaubt in Europa deren sechs, Croll sogar sieben annehmen zu müssen. Demgegenüber sprechen sich neuerdings Holst in Norwegen, Upham und Wright in Nordamerika für eine einheitliche diluviale Eiszeit aus.

Kann man sich über die diluvialen Eiszeiten noch nicht vollständig einigen, so stehen der Annahme von mehrfach wiederkehrenden Vergletscherungen in früheren Erdperioden noch größere Zweifel gegenüber. Nachdem Ramsay im Jahr 1855 zuerst von permischem Glacialschutt in England gesprochen hatte, schrieb W. T. Blanford (1856) den ungefähr gleichalterigen Talchir-Conglomeraten in Ostindien glacialen Ursprung zu. 1865 wiesen J. C. Moore im unteren Silur von Wigtonshire, James Geikie im oberen Silur von Ayrshire krystallinische Findlingsblöcke, Ramsay gekritzte Geschiebe im devonischen Old red Sandstone von Schottland nach. Auch in den

Breccien und Conglomeraten des thüringischen Rothliegenden glaubte Ramsay entgegen der ziemlich einmüthigen Ansicht der deutschen Geologen Moränenmaterial vermuthen zu dürfen. Den miocänen Geröllschichten der Superga bei Turin wurde von Gastaldi, Ramsay und Lyell glaciale Entstehung zugeschrieben und für die „exotischen Blöcke“ im Flysch der Schweiz und der Karpathen nahm man gleichfalls Eistransport in Anspruch. 1872 fanden Thomas Oldham und Fedden im Thal von Gadavery in Ostindien gekritzte Blöcke in den Talchir Beds und sahen, daß auch die Unterlage der Conglomerate, ein harter Kalkstein mit parallelen Schrammen bedeckt sei. Schon zwei Jahre vorher (1870) hatte Sutherland in dem Complex der Karrooschichten in Südafrika Breccien mit gewaltigen polierten Blöcken beschrieben, deren Anwesenheit er durch Eistransport erklärte und in gleichem Sinne äußerten sich später Griesbach (1871) und Stapff (1889). Auch aus Australien kennt man durch R. D. Oldham in carbonischen und permischen Ablagerungen Conglomerate mit großen Blöcken, die angeblich durch Eisberge verfrachtet wurden. Endlich hat Waagen[153]) (1887) aus dem Salt Range-Gebirge im Punjab gekritzte Geschiebe und polierte Blöcke aus Conglomeraten beschrieben und daraus auf eine carbonische, Nötling (1896) auf eine permische Eiszeit geschlossen. Cambrische Glacialspuren erwähnte Arch. Geikie aus Schottland, Reusch (1891) aus dem nördlichen Norwegen. J. Croll[154]) und James Geikie[155]) liefern Zusammenstellungen über alle hierher bezüglichen Funde und ersterer schließt aus denselben, daß jede größere Erdperiode durch eine Reihe von Eiszeiten und Interglacialzeiten heimgesucht worden sei. Es muß jedoch dem gegenüber betont werden, daß vielen Geologen die glaciale Entstehung der genannten Gebilde keineswegs sicher erwiesen erscheint, da ja gekritzte Geschiebe, polierte Blöcke und geschrammte Felsen auch durch andere Ursachen, z. B. durch rutschende Bewegung von Gebirgsschutt geliefert werden können.

Wie über die Zahl und Wiederkehr der früheren Vergletscherungen, so fehlt es auch noch an einer Uebereinstimmung über die Ursachen der Eiszeiten, obwohl eine Menge von Erklärungsversuchen von berufener und unberufener Seite vorgeschlagen worden sind. Von entscheidender Wichtigkeit für die Lösung der Eiszeitfrage ist zunächst die Feststellung, ob es sich hierbei um universelle, die ganze Erdoberfläche berührende Ereignisse, oder nur um locale Phänomene handelt. Zur

Beantwortung dieser Frage kann nur die diluviale Eiszeit herangezogen werden, da über alle früheren zu unsichere Kunde vorliegt. Agassiz betrachtete, anknüpfend an die Kataklysmentheorie, die Eiszeit als eine universelle Katastrophe und nahm eine sogar die Tropenländer (Brasilien) nicht verschonende Eisbedeckung an. Charpentier dagegen sah in der mächtigen Ausdehnung der diluvialen Gletscher nur ein locales Ereigniß. Neuere Forschungen haben weder Agassiz noch Charpentier völlig Recht gegeben. War Europa auch nicht von einer zusammenhängenden Eiskappe bedeckt, so verhüllte doch das nordische Inlandeis ganz Skandinavien, einen ansehnlichen Theil von Rußland, Norddeutschland und Holland. Schottland, Wales und Irland hatten ihre besondere Vergletscherung; die Alpen nebst ihren Vorländern waren vereist; im Schwarzwald, den Vogesen, im französischen Centralplateau, in den Pyrenäen, in Nordspanien und Portugal und in den Karpathen sind Gletscherspuren nachgewiesen; aus dem Kaukasus bewegten sich Eisströme allerdings von nur mäßiger Ausdehnung nach Norden und Süden. Auch die centralasiatischen Gebirge (Himalaja, Hindukusch, Thian-Tschan) besaßen einstmals größere Gletscher als jetzt. Auffallender Weise fehlen aber glaciale Bildungen im Ural und in Nordasien mit Ausnahme der sibirischen Nordküste und auch China und Japan scheinen im Wesentlichen eisfrei gewesen zu sein. Ein großartiges Inlandeis verhüllte dagegen die nördliche Hälfte von Nordamerika bis zur Sierra-Nevada und auf der südlichen Hemisphäre bezeugen glaciale Ablagerungen die einstige Anwesenheit größerer Gletscher in Patagonien, den chilenischen Cordilleren und in Neuseeland. Die diluviale Eisbedeckung hatte somit ihre Hauptverbreitung im nordwestlichen Europa und im nordöstlichen Amerika; aber mit Ausnahme der von Inlandeis heimgesuchten Gebiete finden sich diluviale Gletscherspuren nur in solchen Gebirgen, wo geringe Klimaschwankungen auch heute noch leicht Gletscher erzeugen könnten. Das ganze diluviale Glacialphänomen erscheint somit lediglich als eine excessive Ausbildung der heutigen klimatischen Zustände. Es war weder ein universelles, noch ein auf engen Raum beschränktes locales Ereigniß.

Unter diesen Umständen können nur solche Phänomene zur Erklärung verwerthet werden, die sich auf weitere Gebiete erstrecken und zwar ist zur Entstehung gewaltiger Eismassen nicht nur eine Temperaturerniedrigung, sondern in erster Linie, wie bereits Charpentier betonte,

auch eine ungewöhnlich reiche Menge atmosphärischer Niederschläge erforderlich. Da das Klima auf der Erde theils durch terrestrische, theils durch kosmische Ursachen beeinflußt ist, so wurden von jeher zur Erklärung der Eiszeit bald die einen, bald die anderen Factoren zu Hilfe gerufen. Agassiz hatte auf eine Erklärung der Eiszeit verzichtet, indem er dieses Phänomen den übrigen räthselhaften Kataklysmen am Ende der geologischen Perioden zur Seite stellte, damit allerdings die Möglichkeit einer periodischen Wiederkehr desselben Ereignisses anerkennend. Charpentier glaubte anfänglich die Ausdehnung der schweizerischen Gletscher durch eine beträchtlichere Höhe der Alpen, später durch eine dunstige, mit Wasserdampf erfüllte Atmosphäre erklären zu können. So stehen denn die zwei Begründer der Gletscherforschung gewissermaßen auch als die Vertreter der beiden Erklärungsversuche der Eiszeit einander gegenüber. Eine auf kosmische Erscheinungen gestützte Theorie ersann 1842 der französische Mathematiker Adhémar.[156]) Er wies darauf hin, daß wegen der Excentricität der Erdbahn die zwischen den Aequinoctien liegenden Jahresabschnitte nicht gleich lang seien, und daß gegenwärtig das auf die südliche Hemisphäre fallende Winteraphel länger, das Sommerhalbjahr (Perihel) dagegen kürzer sei als auf der nördlichen Hemisphäre. Da nun die Excentricität der Erdbahn variabel ist und sich bald der Form einer verlängerten Ellipse, bald der eines Kreises nähert, so kann sie unter Umständen derjenigen Erdhälfte, deren Winter in das Aphel fällt, eine starke und lange Winterkälte bringen, die ausreicht, um große Eismassen in der Nähe des Pols anzuhäufen und dadurch den Schwerpunkt der Erde zu verschieben. Je alle 10500 Jahre treten nach Adhémar die für Gletscherbildung vortheilhaften Bedingungen auf jeder Halbkugel ein und erzeugen somit periodische Eiszeiten. Obwohl Sir John Herschel, Arago und Humboldt der Excentricität der Erdbahn auf das Klima unseres Planeten keinen oder nur einen minimalen Einfluß zugestanden, wurde die Adhémar'sche Theorie doch von Julien (1860) und Le Hon[157]) ohne nennenswerthe Aenderungen angenommen und von James Croll[158]) in geistvoller Weise neu begründet und verbessert. Croll sucht die Bedenken Herschel's zu entkräften, berechnet den Umfang der periodischen Excentricitätsschwankungen und gelangt dadurch zu bestimmten Zahlen über den Anfang und das Ende der letzten Eiszeit, sowie über die Wiederkehr ähnlicher Ereignisse in früheren Erdperioden. Indem Croll ferner die

Abhängigkeit der herrschenden Winde und damit auch der Meeresströmungen von der Excentricität der Erdbahn darlegte, setzt er ausführlich auseinander wie die an den Polen sich anhäufenden Eis- und Schneemassen durch Ausstrahlung von Kälte, Absorption von Wärme und Condensation der Feuchtigkeit die Temperatur immer tiefer herabzudrücken suchen. Croll nimmt an, daß während der Interglacialperioden alle Gletscher auf ein Minimum reduciert, und die Gebilde der Glacialzeiten zerstört wurden, wogegen freilich A. R. Wallace, welcher im Allgemeinen den Croll'schen Ansichten Beifall zollt, Zweifel erhob. Croll hat in England zahlreiche Anhänger gefunden, darunter Sir Arch. Geikie und dessen als Glacialforscher rühmlich bekannten Bruder James Geikie. Auf dem Continent huldigen Pilar[159]) und A. Penck ähnlichen Anschauungen.

Der Haupteinwand gegen die Adhémar-Croll'sche Theorie, nämlich der unzureichende Beweis von periodisch wiederkehrenden Eiszeiten, wurde schon von Ch. Lyell erhoben und ist seitdem von vielen Anderen wiederholt worden. Neumayr[160]) bezweifelt, ob Excentricitätsschwankungen einen erheblichen Einfluß auf die klimatischen Verhältnisse ausüben können und erklärt sogar die Grundlage der ganzen Theorie für haltlos, weil ein sicherer astronomischer Beweis für den Eintritt von Perioden sehr starker Excentricität gar nicht existiere. Ein Versuch von Schmick[161]), die Adhémar'sche Theorie in der Art zu modificieren, daß das Hauptgewicht der auf beiden Hemisphären ungleich wirkenden Sonnen-Attraction auf den Ozean beigelegt wird, wodurch die Wassermassen der begünstigteren Halbkugel zuströmen, wurde von Pilar und in sehr scharfsinniger Weise von Zöppritz[162]) bekämpft.

Die Adhémar-Croll'sche und die Schmick'sche Theorie verlangen nicht nur Periodicität der Eiszeiten, sondern auch ungleichzeitigen Eintritt derselben auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre. Für die ersteren liegen nur unzureichende, für letzteren keinerlei Beweise vor. Andere astronomische Hypothesen suchen die Klippe der periodischen Wiederholung von Eiszeiten zu umschiffen. So nahm der französische Mathematiker Poisson (1837) an, unser Sonnensystem bewege sich bald durch wärmere, bald durch kalte Regionen des Weltraums und dadurch erklärten sich die großen klimatischen Veränderungen in der Erdgeschichte. Von anderen Autoren wurde eine Verlegung der Erdaxe oder Aenderungen in der Schiefe der Ekliptik zur

Erklärung der Eiszeit herangezogen, allein auch diesen Hypothesen fehlt die genügende wissenschaftliche Begründung. Sie wurden eingehend von den Physikern H. Darwin[163]), Haughton[164]) und Twisden[165]) erörtert und widerlegt.

Im Gegensatz zu diesen Erklärungsversuchen der Eiszeit durch kosmische Einflüsse hatte Ch. Lyell schon 1830 in den Principles die klimatischen Veränderungen und Zustände in früheren Erdperioden lediglich auf tellurische Einflüsse zurückgeführt. Für die Eiszeit in Europa und Nordamerika genügt ihm eine Ansammlung von Inseln um den Nordpol, eine Erhöhung des Festlandes zwischen dem 70. und 80. Breitengrad, eine Bedeckung der gemäßigten Zone durch das Meer und eine Ablenkung des wärmespendenden Golfstroms. Escher von der Linth und Desor suchten (1863) diese Hypothese dadurch zu stützen, daß sie ein diluviales Saharameer annahmen und damit den fehlenden Einfluß des Föhns zu erklären vermeinten, allein durch Dove wurde gezeigt, daß der Föhn nicht aus Nordafrika kommt und auch die einstige Ueberfluthung der Sahara durch ein Diluvialmeer ist jetzt endgültig widerlegt. Sartorius v. Waltershausen folgt in seinen Untersuchungen über die Klimate der Gegenwart und Vorwelt[166]) der Hauptsache nach den Lyell'schen Anschauungen und verlangt zur Erklärung der Glacialzeit lediglich eine ausgedehnte Erhebung der Gebirge; mit dieser Ansicht stimmen J. Probst[167]) und Stanislas Meunier im Wesentlichen überein; ersterer ergänzt sie jedoch dadurch, daß er zugleich große Ansammlungen von Schnee und Eis auf diesen Höhen annimmt, durch deren erkältenden Einfluß die Temperatur herabgedrückt wurde. Peschel sieht in der ungleichen Entwickelung des Glacialphänomens in den verschiedenen Theilen der nördlichen Hemisphäre wohl mit Recht den gewichtigsten Einwand gegen alle allgemein wirkenden kosmischen Theorien und stellt sich durchaus auf den principiellen Standpunkt Lyell's. Der Norweger K. Pettersen[168]) glaubt die nordische Eiszeit durch die Annahme eines Grönland und Spitzbergen verbindenden Festlandes (Arktis) erklären zu können. Zu Gunsten tellurischer Ursachen, namentlich von Veränderungen in der Vertheilung von Wasser und Land, Ablenkung von Meeresströmungen oder Erhebung gewisser Theile der Erdkruste zur Erklärung der Eiszeit sprechen sich neuerdings auch v. Czerny[169]), die Amerikaner Blytt und Whitney[170]), und allerdings auch mit Berücksichtigung der Excentricitätsschwankungen, der ausgezeichnete

russische Meteorologe Woeikof[171]) aus. Oswald Heer[172]) kommt nach Erörterung der verschiedenen Hypothesen über die Ursachen der Eiszeit zu dem Ergebniß, daß wahrscheinlich tellurische und kosmische Einflüsse zusammengewirkt haben, um diese complicierte Erscheinung hervorzubringen.

Anmerkungen zum 3. Kapitel der 4. Periode.

Abschnitt a, b und c.

[1]) Bull. Soc. Philomat. Juni 1825.

[2]) Mém Soc. d'Hist. nat. vol. IV. 1828.

[3]) Naumann C. Fr. Sitzungsberichte der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Leipzig 1847. S. 392.

[4]) Heim Alb. N. Jahrb. für Mineralogie ꝛc. 1870. S. 608 und 1874. S. 953.

[5]) Zittel K. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der libyschen Wüste. Palaeontographica Bd. XXX. 1. S. 146.

[6]) Rolland G. Géologie du Sahara Algérien. Paris 1890.

[7]) Walther Joh. Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Abhandlung der k. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften. Mathem.-phys. Cl. Bd. XVI. 1891.

[8]) Mickwitz. Die Dreikantener, ein Product des Flugsandschliffes. Mém. Soc. Minéral. St. Petersbourg 1886. XXIII. — Walther Joh. Die Entstehung von Kantengeröllen in der Galalawüste. Sitzungsber. d. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften. Leipzig. Bd. 39.

[9]) Walther Joh. Die Denudation der Wüste ꝛc. und Einleitung in die Geologie. III. Lithogenesis. 1894. (S. 545. 574. 589.)

[10]) Sokoloff. Ueber Dünen, ihre Bildungsweise, Verbreitung und inneren Bau. St. Petersburg 1884 (ins Deutsche übersetzt von Arzruni. Berlin 1894).

[11]) Bravard A. Observaciones geológicas sobre differentes terrenos di transporte en lo Noya de la Plata. Buenos Ayres 1857.

[12]) v. Richthofen. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft 1873. XXV. S. 762 und China. 1877. Bd. I. Kap. 2.

[13]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1886. XXXVIII. S. 353.

[14]) Geognostische Jahreshefte des k. Oberbergamts München 1889. II. S. 176.

[15]) Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles. Paris 1580.

[16]) Mariotte. Traité du mouvement des eaux. Paris 1668. 2 éd. 1700.

[17]) Gilbert's Annalen der Physik 1799. Bd. II.

[18]) Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt. Bd. V. 1. 1827.

[19]) Volger O. Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure. Bd. XXI. 1877.

[20]) Hann J. Zeitschrift für Meteorologie 1887. S. 388.

[21]) Bischof G. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Bd. I.

[22]) Paramelle. L'art de découvrir les sources. (Quellenkunde; übersetzt von B. v. Cotta.) 1856.

[23]) Lersch B. M. Hydrophysik oder die Lehre vom physikalischen Verhalten der natürlichen Wasser, namentlich von der Bildung der kalten und warmen Quellen. Berlin 1865. (2. Aufl. 1870.) — Hydrochemie oder Handbuch der Chemie der natürlichen Wässer. Berlin 1864.

[24]) Daubrée A. Les eaux sousterraines à l'époque actuelle, leur régime, leur température, leur composition au point de vue du rôle qui leur convient dans l'écorce terrestre. Paris 1887. 2 Bände.

[25]) Daubrée A. Les eaux sousterraines aux époques anciennes. Paris 1887.

[26]) Soyka J. Die Schwankungen des Grundwassers mit besonderer Berücksichtigung der mitteleuropäischen Verhältnisse. Wien 1887.

[27]) Quart. Journ. geol. Soc. 1872. S. LIII.

[28]) Belgrand E. Histoire générale du Bassin de la Seine. Paris 1869.

[29]) Ville. Voyage d'Exploration dans les Bassins du Hodna et du Sahara. Paris 1868.

[30]) Dru Léon. Hydrologie in Roudaire Mission dans les Chotts Tunisiens. Paris 1881.

[31]) Rolland G. Hydrologie du Sahara Algérien. Paris 1894.

[32]) Turner. Chemistry of Geology. London and Edinburgh. Philos. Mag. July 1833.

[33]) Blum R. Lithurgik. 1840.

[34]) Bischof G. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2 Bände 1846—1847 (2. Aufl. in 3 Bänden 1863—1866).

[35]) Comptes rendus de l'Acad. des Sc. tome XX. p. 1418.

[36]) Roth Just. Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I. Berlin 1879.

[37]) Sterry Hunt Th. The decay of Rocks in Mineral Physiology and Physiography. Boston 1886.

[38]) Senft Fr. Lehrbuch der Bodenkunde. Jena 1847 (2. Aufl. 1877). Außerdem „Steinschutt und Erdboden" Berlin 1867 und „Fels und Erdboden" München 1876.

[39]) Shaler Nath. The origin and nature of soils. U. S. Geol. Survey. XII. Annal Report 1890/91.

[40]) Russell J. R. Subaërial decay of Rocks and origin of the red Colour of certain Formations. Bull. U. S. Geol. Survey No. 52. 1889.

[41]) Richthofen v. Führer für Forschungsreisende 1886. S. 456.

[42]) Heim Alb. Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. Neujahrsbl. der naturf. Gesellschaft in Zürich 1874.

[43]) Hettner A. Gebirgsbau und Oberflächengestalt der sächsischen Schweiz. Stuttgart 1887.

[44]) Hirzel. Wanderungen in wenig besuchte Alpengegenden der Schweiz. Zürich 1829.

45) Keller Ferd. Bemerkungen über Karren oder Schratten in den Kalkgebirgen. Neujahrsbl. der naturf. Gesellschaft in Zürich. 1840.

46) Heim A. Ueber die Karrenfelder. Jahrbuch des Schweiz. Alpenclubs 1877/78.

47) Fugger Eb. Der Untersberg. Zeitschr. d. d. u. ö. Alpenvereins 1880.

48) Ratzel Fr. Ueber Karrenfelder im Jura u. Verwandtes. Leipzig 1891.

49) Chaix Emile. Contribution à l'étude des Lapiès. Globe. Journ. géographique. Genève XXXIV. 1895.

50) Eckert Max. Das Karrenproblem. Die Geschichte seiner Lösung. Zeitschr. für Naturwissenschaften. Bd. 68. Leipzig 1896.

51) Mojsisovics v. Mojsvar Ed. Zur Geologie der Karsterscheinungen. Zeitschr. d. d. u. ö. Alpenvereins 1880.

52) Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt 1880. S. 729—756.

53) Reyer Ed. Studien über das Karstrelief. Mittheilungen der k. k. geograph. Gesellschaft. Wien 1881.

54) Journal des Mines 1813. S. 197.

55) Ueber die sogenannten natürlichen Schächte oder geologischen Orgeln in verschiedenen Kalksteinbildungen. Neues Jahrb. f. Mineralogie 1845. S. 513.

56) Lyell Ch. On the tubular cavities filled with gravel and Sand, called »Sandpipes« in the Chalk of Norwich. London and Edinburgh philos. Mag. 1839. vol. 15.

57) Prestwich J. On the origin of the Sand- and gravel-pipes in the Chalk. Quart. journ. geol. Soc. London 1854. vol. XI. S. 64.

58) Schmerling P. C. Recherches sur les Ossements fossiles découverts dans les cavernes de la Province de Liège. 2 vol. mit Atlas in Folio. Liège 1833 u. 1834.

59) Marcel de Serres. Essai sur les cavernes à ossements, et sur les causes, qui les y ont accumulés. Paris, Lyon et Montpellier 1838. 8°.

60) Gümbel C. W. Geognostische Beschreibung der fränkischen Alb (Frankenjura). Kassel 1891. (Mit Literaturnachweis und Geschichte der bayer. Höhlenforschung.)

61) Lartet et Christy. Reliquiae Aquitanicae. Paris 1865—1874.

62) Dawkins Boyd. Cave hunting 1874 (Deutsch von Spengel 1876).

63) Kraus Franz. Höhlenkunde. Wien 1894.

64) Martel E. A. Les Abîmes. Paris 1894 und Applications géologiques de la Spéléologie. Paris 1896.

65) Collin. Recherches expérimentelles sur les glissements spontanés des terrains argileux. Paris 1846.

66) Riedl E. R. Jahrbuch für Mineralogie ꝛc. 1877. S. 914.

67) Fraas O. Begleitworte zu den Atlasblättern Leutkirch und Isny. Stuttgart 1882. S. 12.

68) Penck A. Die Slavini di San Marco bei Rovereto. Mittheil. der geograph. Gesellschaft. Wien 1886. S. 395.

69) Baltzer. Ueber Bergstürze in den Alpen. Jahrb. d. schweiz. Alpenclubs X. 1874/75.

[70]) Rothpletz A. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft 1881 u. 1882.

[71]) Neumayr M. Ueber Bergstürze. Zeitschr. des deutschen u. österr. Alpenvereins 1889. XX. S. 19.

[72]) Heim Alb. Ueber Bergstürze. Neujahrsbl. d. Züricher naturf. Ges. 1882. — Der Bergsturz von Flims. Jahrb. d. schweiz. Alpenclubs 1883. — Der Bergsturz von Elm. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1882. S. 7. — Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. 25. Lief. 1891. S. 420. 431.

[73]) Poulett-Scrope G. on the Geology of Central France etc. 1827. S. 60.

[74]) Lyell Ch. and Murchison Rod. On the excavation of valleys Edinburgh new philos. Journal 1829.

[75]) Daubrée A. Géologie expérimentelle. 1880.

[76]) Report of Wilkes Exploring Expedition X. 1849. S. 379 und Dana, Manual of Geology. Philadelphia 1863.

[77]) Newberry. Geological Report in Ives, Rep. upon the Colorado of the West. Washington 1861.

[78]) Rütimeyer L. Ueber Thal- und Seebildung. Basel 1869.

[79]) Gilbert K. Geology of the Henry Mountains. Washington 1877. Cap. 5.

[80]) Powell J. W. Exploration of the Colorado River. Washingt. 1875.

[81]) Dutton. The Tertiary History of the Grand Cañon District. Washington 1882.

[82]) Davis W. M. The Rivers and Valleys of Pennsylvania. National geograph. Magazine. 1. Washington 1889 und The geological Dates of Origin of certain topographic Forms. Bull. geol. Soc. America II. 1891. S. 545.

[83]) Medlicott. Mem. geol. Survey of E. India 1865. III. und Quart. journ. geol. Soc. 1868. XIV. p. 34.

[84]) Tietze E. Jahrb. der k. k. geolog. Reichs-Anst. 1878. Bd. 28. S. 581. — 1882. Bd. 32. S. 685 und 1888. Bd. 38. S. 633.

[85]) Löwl. Petermann's geogr. Mittheilungen 1882. S. 405.

[86]) Penck A. Die Bildung der Durchbruchsthäler. Vortrag im Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Wien 1888.

[87]) Credner R. Die Deltas. Petermann's Ergänzungshefte Nr. 56. 1878.

[88]) v. Richthofen. China. Bd. II. 1882.

[89]) Fischer Th. Petermann's geogr. Mittheilungen 1885 u. 1887.

[90]) Krümmel. Ueber Erosion durch Gezeitenströme. Ebenda 1889.

[91]) Philippson A. Ueber die Typen der Küstenformen. Richthofen'sche Festschrift. 1893.

[92]) Gilbert K. The topographic features of lake shores. 5th Ann. Rep. U. S. Geol. Survey. 1885 und Lake Bonneville. U. S. Geol. Survey Monographs I. Washington 1890.

[93]) Geikie Arch. On modern Denudation. Trans. Geolog. Society. Glasgow 1868. III.

[94]) Heim A. Ueber die Erosion im Gebiete der Reuß. Jahrb. d. schweiz. Alpenclubs. XIV. 1878/79.

[95]) Steck. Die Denudation im Kandergebiet. Jahresber. d. geograph. Gesellschaft. Bern 1891/92. S. 181.

[96]) Leop. v. Buch. Ueber Granit und Gneus. 1842. (Ges. Werke Bd. 4. 2. S. 727.)

[97]) Ramsay A. On the denudation of South Wales etc. Mem. Geol. Survey of Great Britain. I. 1846.

[98]) Jahrb. d. k. preuß. geologischen Landesanstalt. Bd. I. 1880. S. 60.

[99]) Neumayr M. Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. k. k. Akad. Wien 1885.

[100]) Branco W. Ein neuer Tertiärvulkan bei Stuttgart, zugleich ein Beweis, daß sich die Alb einst bis zur Landeshauptstadt hin ausdehnte. Tübingen 1892.

[101]) Principles III. Cap. 21. 22.

[102]) Greenwood. Rain and Rivers. London 1857.

[103]) Neve Foster and Topley. Quart. journ. geol. Soc. 1865. S. 443.

[104]) Topley. The Geology of the Weald. Mem. Geol. Surv. of Engl. and Wales. 1875.

[105]) Whitaker. Geol. Mag. 1867.

[106]) v. Richthofen Ferd. China II. S. 768.

[107]) Delesse M. Lithologie du Fond des Mers. Paris 1871.

[108]) Canu F. Essai de Paléographie. Restaurations des Contours des Mers anciennes en France et dans les Pays voisins. Paris 1895.

[109]) Murray John and Renard A. F. Report on deap sea Deposits based on the specimens collected during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1872 to 1876. London 1891.

[110]) Proceed. Liverpool geol. Soc. 1875 u. 1885.

[111]) v. Hochstetter Ferd. Neu-Seeland. Stuttgart 1863.

[112]) 5th, 6th and 12th Annual Report of the U. S. geol. and geograph. Survey 1871. 1872. 1883.

[113]) IXth Ann. Rep. U. S. geol. Survey 1889.

[114]) Forchhammer. On the composition of the sea water in the different parts of the Ocean. 1865. vol. 155.

[115]) Annales de Chimie et de Physique 1849. XXVII.

[116]) Erman's Journal. Berlin 1854.

[117]) Gilbert K. Lake Bonneville. Monographs U. S. Geol. Surv. Washington 1890.

[118]) Reichhardt E. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1866. S. 349.

[119]) Bischof F. Die Steinsalzwerke in Staßfurt. Halle 1875.

[120]) Ochsenius C. Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze. Halle 1875.

[121]) Hugi J. F. Naturhistorische Alpenreise. Solothurn 1830.

[122]) Verhandlungen der schweiz. naturf. Gesellschaft 1834; auch in Annales des mines 1835. sér. III. vol. VIII. p. 319 veröffentlicht.

[123]) Agassiz L. Études sur les glaciers. Neuchâtel 1840. — Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841; nebst Atlas in Folio mit 32 lithographierten Tafeln.

[124]) Leop. v. Buch. Ueber die Ursachen der Verbreitung großer Alpengeschiebe. Abhandl. der math.-phys. Classe der Berliner Akad. für 1804 u. 1811. (1815.) — Leonhard's Taschenbuch für Mineralogie 1818. (Gesammelte Werke. Bd. II. 597.)

[125]) Agassiz L. Système glaciaire. Nouvelles études et expériences sur les Glaciers actuels, leur structure, leur progression et leur action sur le sol. Paris 1847 (mit 3 Karten und 9 Tafeln).

[126]) Agassiz L. The glacial Theory and its recent progress. Edinburgh new philos. Journ. 1842. XXXIII. S. 217.

[127]) Die Resultate der Forbes'schen Untersuchungen sind in der Form von Briefen im Edinburgh new philos. Journal 1842—1845 veröffentlicht.

[128]) Bulletin Soc. géol. de France 1847. vol. IV.

[129]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1832. S. 257.

[130]) Sefström Nils Gabriel. Svensk Vetenskap Akad. Handl. 1836. Poggendorff's Annalen 1838. XLIII. S. 548.

[131]) Lyell Ch. On the Boulder-Formation of Norfolk. Philos. Mag. 1840. XVI. S. 351.

[132]) Darwin Ch. Philos. Trans. 1839. p. 39 und Edinburgh new philos. Journal 1842. XXXIII. S. 352.

[133]) Murchison Rod. On the Glacial Theory. (Anniv. Adress. Geol. Soc.) ibid. 1842. XXXIII. S. 124.

[134]) Böthlingk W. Bull. Acad. imp. Sc. Petersb. V u. VIII. (Neues Jahrb. für Miner. 1839. S. 725. 1840. S. 613 u. 717.)

[135]) Bronn H. G. Die Gletschertheorie und Eiszeithypothese. N. Jahrb. für Min. 1842. S. 56.

[136]) Forchhammer. Poggendorff's Annalen 1843. LVIII.

[137]) Dollfuss-Ausset. Matériaux pour l'étude des Glaciers. 7 vol. Paris 1864—1873.

[138]) Mousson. Die Gletscher der Jetztzeit. Zürich 1854.

[139]) Ramsay A. Rep. Brit. Assoc. for 1854 (1855). S. 95.

[140]) Quart. journ. geol. Soc. 1854. vol. XI. S. 185.

[141]) Torell Otto. Undersökningar öfver Istiden. Oefvers. K. Vedensk. Ak. Förhandl. 1872. No. 10. 1873. No. 1.

[142]) Zittel K. A. Ueber Gletschererscheinungen in der bayerischen Hochebene. Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. W., math.-physik. Cl. 1874.

[143]) Penck A. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1879. S. 117.

[144]) Desor E. Le Paysage morainique, son origine glaciaire et ses rapports avec les formations pliocènes d'Italie. Paris 1875.

[145]) Favre A. Carte du Phénomène erratique et des anciens glaciers du versant Nord des Alpes Suisses. Archives des sciences phys. et naturelles. Genève 1884. (Mit 4 Karten.)

[146]) Penck Alb. Die Vergletscherung der deutschen Alpen. Stuttgart 1882.

[147]) Falsan et Chantre. Monographie géologique des anciens glaciers et du terrain erratique de la partie moyenne du Bassin du Rhône (mit 6 Karten). Lyon 1879. — La Période glaciaire étudiée principalement en France et en Suisse. Paris 1889.

[148]) Bulletin Soc. géol. de France 1858/59. XVI. S. 868. 1861/62. XIX. S. 849 und Atti Soc. Ital. di Sc. natur. 1861. III.

[149]) On the Glacial origin of certain Lakes in Switzerland, the Black Forest, Great Britain, Sweden, North America and elsewhere. Quart. journ. Geol. Soc. 1862. vol. XVIII. S. 185.

[150]) Philos. Magaz. 1862. XXIV. p. 169 und 1864. XXVII. p 255.

[151]) Penck A. Vergletscherung der deutschen Alpen. S. 368—432.

[152]) Geikie James. On the glacial Succession in Europa Trans. R. Soc. Edinburgh 1892. XXXVII. S. 127—149.

[153]) Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt (Wien, Bd. 37).

[154]) Croll James. Climate and Time. 1875. S. 292.

[155]) Geikie James. The Great Ice Age. 2. Aufl. 1877. Appendix. Note A.

[156]) Adhémar. Les révolutions de la mer, déluges périodiques Paris 1832.

[157]) Le Hon. Périodicité des déluges. Bruxelles 1868.

[158]) Croll James. Climate and time in their geological relations. London 1875.

[159]) Pilar. Ein Beitrag zur Frage über die Ursachen der Eiszeiten. Agram 1876.

[160]) Neumayr M. Erdgeschichte II. 1887. S. 647.

[161]) Schmick J. H. Die Umsetzungen der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde. Köln 1869. — Das Fluthphänomen und sein Zusammenhang mit den säcularen Schwankungen des Seespiegels. Leipzig 1874 u. 1876. — Sonne und Mond als Bildner der Erdschale. Leipzig 1878.

[162]) Zöppritz. Göttinger Gel. Anzeiger 1878. S. 868.

[163]) Proceed. Royal Society 1876. No. 170.

[164]) ibidem 1878.

[165]) Quart. journ. geol. Soc. London 1878.

[166]) Sartorius v. Waltershausen. Untersuchungen über die Climate der Gegenwart und der Vorwelt mit besonderer Berücksichtigung der Gletschererscheinungen in der Diluvialzeit. Haarlem 1865.

[167]) Probst J. Württembergische naturwissenschaftl. Jahreshefte 1875. 1881. 1889.

[168]) Geol. Fören. Förh. Stockholm 1874. Bd. II.

[169]) Czerny v. Die Veränderlichkeit des Klimas und ihre Ursachen. Wien 1881.

[170]) Whitney J. D. The Climatic chances of later geological Times. Cambridge 1882.

[171]) Woeikof Alex. v. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin 1881 (Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältniß zum Klima).

[172]) Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. 1879. S. 657—710.

d) Geologische Wirkungen der Organismen.

Wie die organische Welt noch jetzt eine wichtige Aufgabe im Haushalt der Natur zu erfüllen hat, so betheiligte sie sich auch in früheren Perioden an den Veränderungen und dem Aufbau der Erdoberfläche. Sie entzieht einerseits der Luft gewisse Bestandtheile und legt sie in veränderter Form oder in Verbindung mit mineralischen Substanzen in der Erdkruste fest, andererseits zersetzt sie gewisse felsbildende Mineralien und führt einzelne Bestandtheile derselben in gasförmiger Gestalt der Atmosphäre oder in fester umgewandelter Form dem Boden zu. In diesem Kreislauf arbeiten somit die Organismen bald zerstörend, bald aufbauend. Eine zerstörende Thätigkeit kommt in erster Linie der Vegetation zu. Beim Zerfall und der Verwesung absterbender Pflanzen entwickeln sich, wie Bischof in seiner chemischen Geologie gezeigt und neuerdings A. Julien[1]) eingehend dargelegt hat, verschiedenartige Säuren, die lösend und zerstörend auf die Gesteine einwirken und in Verbindung mit Wasser deren Verwitterung bewerkstelligen. Neben dieser chemischen Wirksamkeit der Pflanzenwelt kommen die mechanischen Zerstörungen durch in Felsspalten eindringende Wurzeln u. dgl. nur wenig in Betracht; auch die destructive Arbeit von Bohrmuscheln, Würmern, Insecten, Säugethieren ist in geologischer Hinsicht von geringer Bedeutung.

Eine dichte Vegetationsdecke schützt zwar den festen Boden am sichersten vor Zerrüttung und Umgestaltung, liefert aber durch ihre theilweise Zersetzung den Humus. Torfmoore bedecken in der gemäßigten Zone zuweilen auf weite Erstreckung die Erdoberfläche und sind häufig Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung geworden. Schon 1810 veröffentlichte Rennie[2]) eine grundlegende Abhandlung über die schottischen Torfmoore, Chr. Dau (1823) und Wiegmann (1837) schrieben Handbücher über Torf, dessen Natur und Entstehung; Steenstrup[3]) und Griesebach[4]) beschäftigten sich mit den dänischen und norddeutschen Mooren und präcisierten zuerst den Unterschied zwischen den Hochmooren mit Sphagnum, den schilfreichen, häufig von kalkhaltigen Gewässern überschwemmten Niederungs- oder Wiesenmooren und den Waldmooren. Ueber die Torfmoore in Bayern gewähren die Werke von Sendtner[5]), Vogel[6]) und Gümbel, über jene im nördlichen Frankreich Belgrand's Études hydrologiques (La Seine 1882) vorzüglichen Aufschluß. Als typisches

Beispiel eines Waldmoors darf der von Lyell schon 1841 und später von Lesquereux[7]) geschilderte Dismal Swamp in Virginia gelten.

Zusammenfassende Darstellungen über Zusammensetzung, Struktur, chemische Beschaffenheit, Entstehung und Verbreitung der Torfmoore findet man bei Lesquereux[8]) und Senft[9]); die chemischen Verhältnisse des Torfs und der übrigen fossilen Brennstoffe sind in den schon mehrfach erwähnten Lehrbüchern von G. Bischof und J. Roth ausführlich behandelt. Torfähnliche, aus Algen und vermoderten Landpflanzen bestehende Ablagerungen wurden, allerdings nur in beschränkter Verbreitung, durch die modernen Tiefseeforschungen auch auf dem Meeresgrund nachgewiesen[10]), und nach den schönen Untersuchungen von Eugen Bertrand[11]) sind auch vereinzelte Kohlenflötze, wie das Boghead bei Autun und das Kerosen in Australien, im Wesentlichen aus fossilen Algen zusammengesetzt. Die niedrigen Küsten, Aestuarien und Flußmündungen in tropischen Ländern sind häufig von Mangrovewäldern umgürtet, deren halbverweste Reste sich gleichfalls als kohlige Ablagerungen am Meeresboden anhäufen; ebenso entstehen in Flüssen und Süßwasserseen, wie Lyell so anschaulich an den „Rafts" des Mississippi gezeigt, zuweilen beträchtliche Ansammlungen von Treibholz, die unter Wasser einen Zersetzungsproceß erleiden und sich zu einer lignit- oder braunkohlenartigen Substanz umwandeln.

Mit derartigen Bildungen sind die fossilen Braunkohlenflötze zu vergleichen, gegen deren pflanzliche Entstehung niemals ernstliche Zweifel erhoben wurden. Eine werthvolle Monographie der Braunkohlen nach ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit, ihrer Entstehung, ihrer paläontologischen Zusammensetzung, ihrem geologischen Vorkommen und ihrer Verbreitung in Europa und den übrigen Welttheilen verdankt man C. F. Zincken.[12])

Fossile Torfablagerungen kennt man bis jetzt nur aus der Quartärzeit. Man hat mit ihnen vielfach die ächten Steinkohlenflötze verglichen, über deren Entstehung wegen ihrer homogenen, nur selten den pflanzlichen Ursprung verrathenden Struktur lange Zeit Zweifel herrschten. Agricola hielt 1544 die Steinkohlen für verdichtetes Erdöl und ähnliche Anschauungen wurden noch in diesem Jahrhundert von Voigt[13]) (1802) und Buckland (1822) vertheidigt. Der ungeheuerlichen Hypothese des Mineralogen Kirwan (1812),

welcher die Kohlenflötze für Zersetzungsprodukte von Gesteinen des Urgebirges erklärt, steht die durch J. Nep. Fuchs (1837) und Andreas Wagner (1844) vertheidigte Meinung zur Seite, wonach Kohlen und Erdharze durch Verdichtung und Reduction der überflüssigen Kohlensäure in der Luft zu Stande kamen.

Für den pflanzlichen Ursprung von Steinkohlen und Braunkohlen traten J. J. Scheuchzer (1706), später in Deutschland v. Beroldingen[14]) (1778), in Frankreich Rouelle, Jussieu, G. Soulavie, in Großbritannien Hutton (1785) und Williams[15]) ein, allein erst der deutsche Botaniker Göppert[16]) wies (1848) mit Bestimmtheit durch mikroskopische Untersuchung nach, daß dieselben Gefäßkryptogamen und Coniferen, welche die Steinkohlenflötze überall begleiten, auch das Material zu den letzteren selbst liefern. Zellenstruktur war allerdings schon vorher von Whitham, W. Hutton (1835), Link (1838) u. A. in verschiedenen Steinkohlen erkannt worden, doch konnte daraus kein generelles Ergebniß gewonnen werden, dagegen führten eingehende Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohlen W. Dawson (1859) im Wesentlichen zu denselben Schlußfolgerungen wie Goeppert. Fischer und Rüst erzielten (1883) mit Dünnschliffen von Kohlen nur unbefriedigende Resultate und auch Reinsch[17]), welcher die Struktur von Steinkohlendünnschliffen am sorgfältigsten darstellte, kam zu dem irrigen Ergebniß, daß nicht Gefäßkryptogamen, „sondern unbekannte, mit recenten Pflanzenformen nicht vergleichbare Protophyten" die Steinkohlen zusammensetzten. So war es möglich, daß Volger und F. Mohr[18]) wieder auf die schon 1845 von Parrot ausgesprochene Meinung zurückkommen konnten, die Steinkohlen seien der Hauptsache nach aus Meerpflanzen (Fucoiden) entstanden. Auch G. Bischof hält diese Bildung wenigstens für möglich. Sie ist für einzelne Kohlenflötze durch C. Bertrand[11]) auch erwiesen. Nachdem Schulze in Rostok (1855) durch Anwendung von Kaliumchlorat und Salpetersäure ein vorzügliches Mittel gefunden hatte, um die Zellenstruktur der Steinkohle sichtbar zu machen, wies Gümbel[19]) mit Anwendung einer solchen Bleichflüssigkeit unwiderleglich die pflanzliche Zusammensetzung von Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthracit nach und bestimmte den terrestrischen Ursprung der vorherrschenden Pflanzenformen in verschiedenen Mineralkohlen.

Ueber die chemische Zusammensetzung von Braunkohlen und Steinkohlen existiert eine umfangreiche Literatur, deren Inhalt u. A.

in den Werken von G. Bischof, Regnault[20]), Burat[21]), C. v. Hauer[19]), Muck[22]), Geinitz, Fleck und Hartig[23]) zusammengestellt ist. Auch das Vorkommen, das geologische Alter und die geographische Verbreitung der fossilen Kohlen sind theils in den bereits genannten Sammelwerken, theils in einer großen Anzahl von Localmonographien ausführlich behandelt.

Ergiebt sich aus der chemischen, physikalischen und geologischen Untersuchung der fossilen Brennstoffe, daß zwischen frischer Pflanzensubstanz, Torf, Lignit, Braunkohle, Steinkohle und Anthracit alle nur denkbaren Uebergänge bestehen; ist ferner der pflanzliche Ursprung derselben mit aller Sicherheit festgestellt, so bereitet das eigenthümliche Vorkommen der Steinkohlen in besonderen, sich vielfach, zuweilen hundertmal wiederholenden Schichten (Flötzen) zwischen Gesteinen von sandiger, conglomeratartiger oder thoniger Beschaffenheit, sowie die reine, fast homogene Struktur von Steinkohle und Anthracit Schwierigkeiten bei der Frage nach ihrer Entstehung. Goeppert konnte auf experimentellem Wege nachweisen, daß sich Braunkohlen und Steinkohlen unter Wasser aus verschiedenen Pflanzen bilden können. Der Verkohlungsproceß erfolgt unter beschränktem Zutritt von Luft und wird erfahrungsgemäß wesentlich befördert durch Wärme und Druck. Alle drei Factoren haben bei der Entstehung der Steinkohlenflötze offenbar mitgewirkt und von deren Intensität wird, wie Bischof gezeigt, im Wesentlichen auch die chemische und physikalische Beschaffenheit der verschiedenen Arten von Kohlen abhängen. Der Substanzverlust bei der Umwandlung von Holz in Steinkohle oder Anthracit ist ein sehr beträchtlicher, so daß nach Bischof zur Bildung eines meterdicken Steinkohlenflötzes ursprünglich eine 26 Meter mächtige Masse von Pflanzensubstanz erforderlich war.

Ob nun die Steinkohlenflötze nach Art der Torfmoore an Ort und Stelle (autochthon), oder wie andere sedimentäre Gesteine durch Zusammenschwemmung (allochthon) entstanden sind, läßt sich nach dem jetzigen Stand der geologischen Literatur nicht mit Bestimmtheit beantworten. Für autochthone Bildung sprach sich zuerst v. Beroldingen (1778) aus, ihm folgten u. A. Alex. Brongniart (1821), Ad. Brongniart, Lyell, Elie de Beaumont, W. Logan (1842), Goeppert (1848), Rogers (1849), in neuerer Zeit Dawson, Hull, Stur, v. Gümbel, Potonié u. A. Besonderes Gewicht wurde schon von Brongniart auf die aufrechtstehenden Baumstämme,

von Göppert auf das massenhafte Vorkommen von Stigmarien in den liegenden Schichten der Steinkohlenflötze gelegt. Die Mehrzahl der Geologen scheint gegenwärtig geneigt, die Bildung der Steinkohlenflötze durch üppige, auf sumpfigem Boden wachsende Kryptogamenwälder anzunehmen, deren abgestorbene Reste zu Boden fielen und unter dem Schutze von Wasser den Verkohlungsproceß erlitten. Dieser Ansicht gegenüber behauptete schon Scheuchzer, die Steinkohlen seien durch Zusammenschwemmung entstanden; auch Graf Sternberg (1820), Const. Prévost (1828) und Violet hielten die Steinkohlenflötze für Anhäufungen von Baumstämmen und sonstigen Pflanzenresten, welche durch Fluthen in Seebecken gelangten. Rogers (1849) dachte sich ausgedehnte flache, mit üppiger Vegetation bedeckte Küstenländer, die durch Abspülung das Material für die in Meeresbecken abgelagerten Kohlenflötze lieferten. G. Bischof neigte sich derselben Meinung zu und hielt die Betheiligung von Meerespflanzen an der Zusammensetzung der Steinkohlen für wahrscheinlich.

Gegen den fast allgemein angenommenen Vergleich der Steinkohlenbildung mit jener der Torfmoore sprach sich mit Entschiedenheit Grand-Eury, der Verfasser eines höchst verdienstlichen Werkes über die Steinkohlenflora des centralen Frankreichs aus.[25]) Grand-Eury betont den Mangel an torfbildenden Moosen in den Steinkohlenflötzen und denkt sich die letzteren durch Zusammenschwemmung von pflanzlichem Material entstanden, das aus Wäldern entstammte, welche einstige Süßwasserbecken umgaben. In geistvoller Weise hat neuerdings Henry Fayol[26]) die Sedimentation von Steinkohlen in Süßwasserbecken durch Zusammenschwemmung sowohl experimentell, als auch durch eine feine geologische Detailuntersuchung des Steinkohlengebietes von Commentry begründet. Fayol zeigt, wie sich Gemenge von Geröll, Sand, Schlamm und Pflanzendetritus in starkfließenden Gewässern nach ihrer Schwere sichten, wie die Materialien der Flußdeltas auf verschiedene Entfernung verfrachtet werden und dann gesondert zur Ablagerung gelangen. Während sich die groben Gerölle in der Nähe des Ufers niederschlagen, werden die leichten Pflanzenstoffe weit hinausgetragen und in fast horizontaler Lage abgesetzt. Je nach der Menge der Niederschläge ändern sich die zufließenden Wassermassen und damit auch die verschiedenen Sedimente; so daß sich der Wechsel von Conglomerat, Sandstein, Schieferthon und Kohlen in den meisten Kohlenbecken ohne die für die Torftheorie

erforderlichen Oscillationen in den Niveauverhältnissen des Bodens erklärt. Die aufrechtstehenden Baumstämme wurden nach Fayol herbeigeschwemmt und sind in verticaler Stellung untergesunken.

A. de Lapparent[27]) hat die Fayol'schen Ansichten angenommen, verallgemeinert und durch weitere Argumente gestützt, und dem Einfluß dieses geistvollen Geologen ist es nicht zum kleinsten Theil zuzuschreiben, wenn gegenwärtig in Frankreich die Mehrzahl der Geologen der Zusammenschwemmungstheorie huldigt. Es ist unzweifelhaft, daß dieselbe für die kleinen Kohlenbecken Centralfrankreichs die befriedigendste Erklärung bildet, ob sie jedoch auch für alle ausgedehnten Ablagerungen der Steinkohlenzeit genügt, wird von vielen Seiten bezweifelt. Ochsenius hat neuerdings (1892) die Anschwemmungstheorie dahin modificiert, daß er die Kohlenbildung in Süßwasserbecken verlegt, welche mit den Gewässern, die den Pflanzendetritus und die sonstigen Sedimente bringen, durch eine Barre in Verbindung stehen. Bei niedrigem Wasserstand gelangen nur die leichten pflanzlichen Bestandtheile, bei hohem Wasserstand Schlamm, Sand und Geröll über die Barre. Damit soll die Reinheit der Steinkohlenflötze erklärt werden.

Zusammenstellungen über alle auf Steinkohlen bezügliche geologische Fragen verdankt man H. Mietzsch[28]) und Fr. Toula.[29])

Zu den phytogenen oder pflanzlichen Gebilden gehören die durch Diatomeen erzeugten Absätze von Kieselerde, welche Ehrenberg (1837) zuerst im Boden von Berlin, in den Torfmooren der Lüneburger Haide, später in Grundproben des Ozeans, sowie im Kieselguhr, Polierschiefer 2c. von Bilin, Richmond und anderer Orte nachwies. Durch die Challenger-Expedition wurden ausgedehnte Flächen des Meeresbodens mit Diatomeenskeleten bedeckt gefunden. Wie bei der Abscheidung von Kieselsinter in den heißen Quellen und Geysirn des Yellowstoneparks Algen eine gewisse Rolle mitspielen, wurde 1889 von Weed nachgewiesen.

Wichtiger noch ist die Mitwirkung gewisser Pflanzen bei der Entstehung von Kalkstein. Daß die Bildung von Kalktuff durch Moos, Schilf und gewisse Algen wesentlich gefördert wird, ist eine seit langem bekannte Thatsache, dagegen wurde die Entstehung mariner Kalksteine von ansehnlicher Mächtigkeit erst verhältnißmäßig spät gewürdigt. Philippi erkannte 1837 zuerst, daß die bis dahin für Polypen oder Bryozoen gehaltenen Nulliporen zu den Kalkalgen gehören. Die Be-

deutung der Nulliporen oder Lithothamnien und Melobesien, wie sie nunmehr genannt wurden, als Kalksteinbildner hob Unger (1858) unter Anwendung auf den Leithakalk des Wiener Beckens hervor. In zwei wichtigen Abhandlungen über die sogenannten Nulliporen erweiterte C. W. v. Gümbel[30]) die Kenntniß der fossilen Lithothamnien beträchtlich und wies auf Grund mikroskopischer Untersuchung nach, daß die von Schafhäutl als Diploporen beschriebenen und unter die Bryozoen gerechneten fossilen Körper, welche in den Nord- und Südalpen mächtige Schichtencomplexe von Kalkstein und Dolomit zusammensetzen zu den Dactyloporiden gehören. Letztere galten nach Carpenter's Vorgang damals noch als Foraminiferen, bis Munier-Chalmas (1877) zeigte, daß auch sie zu den Kalkalgen gehören. Ueber die gesteinsbildenden Kalkalgen im Golf von Neapel berichtete Joh. Walther.[31])

Die Frage nach der Entstehung mariner Kalksteine hat G. Bischof in seiner chemischen Geologie eingehend erörtert und bestritten, daß eine chemische Ausscheidung von Calcium-Carbonat auf dem Grunde der offenen Ozeane durch Verdunstung oder chemischen Niederschlag möglich sei. Die mächtigen Lager marinen Kalkes, welche an der Zusammensetzung der Erdkruste Theil nehmen, müßten darum hauptsächlich von kalkausscheidenden Thieren, welche dem Meerwasser das gelöste Calciumcarbonat entnehmen, herrühren. Volger hat 1857 dagegen geltend gemacht[32]), daß nicht die minimale Quantität von gelöstem kohlensauren Kalk, sondern der Gyps die Quelle der Kalksteinbildung sei. Der schwefelsaure Kalk wird nach Volger im Thierkörper zersetzt und der Schwefel geht in denselben über. Fr. Mohr[33]) schreibt die Zersetzung des im Meerwasser enthaltenen Gypses ausschließlich Pflanzen zu, welche sodann den kalkausscheidenden Thieren als Nahrung dienen. Neuerdings hat G. Steinmann[34]) auf die Möglichkeit einer Ausscheidung von kohlensaurem Kalk im Meerwasser durch alkalisch reagierende Eiweißsubstanz hingewiesen, und auch Harting und Gümbel halten die Coccolithen im Tiefseeschlamm nicht, wie die Mehrzahl der englischen Forscher, für Sporangien von Kalkalgen, sondern für chemisch ausgeschiedene Kalkkörperchen.

Ehrenberg hatte schon 1839 in seinen Studien über die Entstehung der Kreidefelsen die Zusammensetzung dieser Gesteine aus Foraminiferen nachgewiesen und auch in gewissen Grundproben des

Ozeans eine ähnliche Anhäufung von winzigen Kalkschälchen von Foraminiferen erkannt. Von der großartigen Bedeutung und Verbreitung des überwiegend aus kalkigen Foraminiferen und Coccolithen bestehenden Tiefseeschlammes erhielt man jedoch erst seit 1871 durch die Challenger-Expedition eine richtige Vorstellung. Der von Murray und Renard (1891) veröffentlichte Bericht über die Tiefseeablagerungen zeigt die topographische Verbreitung der verschiedenen Gebilde in kartographischer Darstellung. Am wichtigsten ist der Globigerinenschlamm, welcher namentlich den Boden der centralen Theile der großen Ozeane bedeckt und bis in Tiefen von 2600 Faden herabreicht. Minder verbreitet ist kalkiger aus Pteropoden oder kieseliger aus Diatomeen oder Radiolarien zusammengesetzter Schlamm, wovon letzterer nur in sehr bedeutenden Tiefen vorkommt. Die in der Nähe der Küste häufigen Ablagerungen aus Mollusken-, Bryozoen- und Echinodermenresten wurden von jeher mit ähnlichen urweltlichen Kalksteinen von verschiedenem Alter (Muschelkalk, Grobkalk, Trochitenkalk, Crinoideenkalk 2c.) verglichen.

Die Korallenbauten im rothen Meer werden schon 1540 von dem Portugiesen Dom Juan de Castro erwähnt; 1616 beschreibt Pyrard die Atolle der Malediven; und 1742 weist Peter Forskål nach, daß das Material zum Aufbau der Korallenriffe wirklich von Thieren und zwar von Korallen geliefert werde. Reinhold Forster[36]), der Begleiter Cook's, äußert 1778 zum erstenmal die Ansicht, die Korallenbauten seien auf die heiße Zone beschränkt, und spricht sich folgendermaßen über die Art des Aufbaues und die Entstehung der Riffe aus. „Das Riff wird von den Lithophytenwürmern bis auf eine geringe Distanz von der Oberfläche des Meeres auferbaut. Die Wellen spülen nach und nach allerhand Muscheln, Tang, Korallenstücke, Sand und dergl. auf diese neu erbaute Mauer, welche durch alle diese Zusätze erhöht, zuletzt aus dem Wasser hervorsteigt.“ Die kreisförmige Gestalt der Atolle mit ihrer Lagerung erklärt Forster aus dem Bestreben der Korallenthiere, gegen die herrschenden Winde einen Schutzwall zu errichten. James Cook ergänzt die Forster'schen Gedanken durch verschiedene Beobachtungen über das Wachsthum der Korallenriffe und John Barrow stellt 1806 die ersten Versuche an, die Mächtigkeit des Korallengesteins auf einer Insel zu bestimmen. Flinders hatte 1801 die Riffe an der australischen Küste aufgenommen und 1814 darüber ein wichtiges kartographisches Werk veröffentlicht.

Er nimmt wie seine Vorgänger an, daß die Korallenthiere ihre Bauten vom Grunde des Meeres an aufführen und bis zum Wasserspiegel fortsetzen, die Atolle werden in ähnlicher Weise wie von Forster erklärt. Péron zählt (1816) 245 Koralleninseln auf und bestimmt deren geographische Verbreitung auf die Aequatorialzone zwischen dem 34. Grad nördlicher und südlicher Breite. Sehr beachtenswerth sind die Beobachtungen von Chamisso und Eschscholz, welche 1814 bis 1818 die Kotzebue'sche Entdeckungsreise begleiteten. Chamisso[36]) hatte bei einem längeren Aufenthalt auf einem Atoll der Radackgruppe Gelegenheit, eingehende Studien über die Korallenbauten zu machen und theilt dieselben in Saumriffe, Inselgruppen und Atolle ein. Die Atolle werden als Kreis- oder Ringinseln beschrieben und als Tafelberge gedeutet, die sich steil aus der Tiefe des Ozeans erheben und nur durch einen niedrigen Randsaum über den Wasserspiegel hervorragen. Chamisso unterscheidet schon sehr bestimmt die dem herrschenden Wind zugewendete höhere Seite des Dammes von der niedrigeren geschützteren Seite, die häufig durchbrochen ist und einen Eingang in die centrale, bis 60 Meter tiefe Lagune freiläßt. Er bestreitet, daß der Kalkstein, welcher die Riffe zusammensetzt, von den Korallenthieren an Ort und Stelle erzeugt wird, nimmt vielmehr an, daß das Gestein nur ein geschichtetes Haufwerk von Trümmern darstelle. Wie Forster, so läßt auch Chamisso die Korallenthiere in der ruhigen Tiefe des Meeres ihre Bauwerke beginnen und bis zum Wasserspiegel fortsetzen. Ueber die Vertheilung der verschiedenen Korallengattungen und Arten macht Chamisso feine Beobachtungen, die sich großentheils bestätigt haben. So bemerkt er, daß die kuchenförmigen Asträen am besten in der Brandung gedeihen, daß der Damm vorherrschend aus Madreporen und Nulliporen (Lithothamnien) bestehe, und daß Caryophyllia über der Linie des niedrigsten Wasserstandes lebe. Aus der Verbreitung der Koralleninseln glaubt Chamisso schließen zu dürfen, daß sie unterirdische Bergrücken andeuten. Die Ansichten von Eschscholz schließen sich im wesentlichen denen seines Begleiters an; er leitet die Gestalt der Koralleninseln aus der Form der untermeerischen Berge ab, deren Gipfel sie krönen, und erklärt die Entstehung der Atolle dadurch, daß die großen und ausgedehnteren Korallenstöcke hauptsächlich am Außenrand in der Brandung leben und diesen zu erhöhen trachten; die Lagune kommt dadurch zu Stande, daß die Mitte des Riffs durch aufgeworfene, von den Thieren ver-

lassene Muscheln und Schneckenschalen und Korallentrümmer bedeckt wird, welche das Gedeihen der Korallenthiere hindern.

Wichtige Bemerkungen über die Lebensweise der Riffkorallen verdankt man Quoy und Gaimard[37]), den Naturforschern der Freycinet'schen Expedition im Jahre 1818—1820. Sie fanden niemals lebende Riffkorallen in größerer Tiefe als 25—30 Fuß und schlossen daraus, daß diese Thiere nur in seichtem und warmem Wasser und zwar mit Vorliebe in abgeschlossenen, vom Sturm wenig berührten Buchten gedeihen. Aus diesen Thatsachen, sowie aus der geringen Mächtigkeit der gehobenen Korallenkalke auf Timor, Ile-de-France, Neu-Guinea, den Marianen und Sandwich-Inseln folgern sie auch für die Atolle und sonstigen Koralleninseln eine geringe Stärke des Korallenfelsens und werden in dieser Ansicht durch die Wahrnehmung bestärkt, daß die Verbreitung der Korallenriffe mit der Richtung der Berge des festen Landes übereinstimmt, und daß sich die ausgedehntesten Riffe an seichten und sanft abfallenden Küsten finden.

Für die Atolle hatte H. Steffens[38]) schon 1822 eine bestechende Hypothese aufgestellt. Er betrachtet vulkanische Basaltberge als Unterlage der isolierten Koralleninseln und deutet die Ringform der Atolle und die Anwesenheit der Lagunen als Beweise für die Existenz unterseeischer Krater, auf welchen sich die Korallenthiere angesiedelt haben. Dieselbe Hypothese wurde unabhängig von Steffens auch durch Quoy und Gaimard vertreten, von Poulett-Scrope angenommen und von Lesson und Garnot[39]), den Naturforschern der Duperry'schen Expedition, im Jahre 1828 näher begründet. Auch der englische Capitän Beechey[40]) kommt durch seine zahlreichen Lothungen am Rand von Korallenriffen und -Inseln zur Ueberzeugung, daß letztere auf Bergen, die höchstens 4—500 Fuß vom Wasser bedeckt werden, entstanden sind. Die ansehnliche Größe vieler Atolle mache es aber unwahrscheinlich, daß gerade Vulkane die Unterlage der Korallenbauten bilden. Ainsworth[41]) bekämpft (1831) die Quoy und Gaimard'sche Annahme von der geringen Mächtigkeit der Korallengesteine und meint, neben den ausschließlich in seichtem Wasser lebenden Korallenthieren gäbe es auch solche, die in größerer Tiefe zu existieren vermögen. Den höheren Rand auf der Windseite der Atolle erklärt er durch Meeresströmungen, welche die Korallenthiere zwingen, sich in vertikaler Richtung zu entwickeln, anstatt wie an der Leeseite sich in horizontaler Fläche auszubreiten. Ch. Lyell schließt sich in der

ersten Auflage der Principles der Vulkantheorie an, glaubt jedoch die ungleiche Höhe der Atollränder durch Veränderungen des Untergrundes und zwar durch lokale Senkungen in Folge von Erdbeben erklären zu können.

Eine epochemachende Abhandlung „über den Bau und die Bildung der Korallenbauten im rothen Meer", die Frucht eines 18monatlichen Studiums an Ort und Stelle, veröffentlichte Ehrenberg 1834 in den Abhandlungen der Berliner Akademie. Nach einer erschöpfenden historischen Einleitung, worin die Arbeiten seiner Vorgänger kritisch gewürdigt werden, schildert Ehrenberg die bis jetzt im Vergleich mit den Atollen wenig beachteten Küstenriffe des rothen Meeres. Es sind bandartige, der Küste folgende und an diese sich anschließende Flächen, welche nur $^1/_2$—2 Faden unter dem höchsten Wasserstand der Fluth liegen und steil gegen das offene Meer abfallen. Trocken liegende Korallenbauten giebt es nach Ehrenberg im rothen Meere nicht, auch fehlen die Riffe durchaus im tiefen Wasser. Der Untergrund ist entweder poröser Kalkstein oder vulkanisches Material; der Korallenkalk selbst bildet nur einen dünnen ca. $1^1/_2$ Klafter mächtigen Ueberzug auf dem Grundgestein. Die Korallen sind darum nach Ehrenberg nicht die Schöpfer neuer Inseln, sondern nur die Erhalter von bereits vorhandenen. Der deutsche Zoologe stimmt somit mit Quoy und Gaimard in einem vielbestrittenen Hauptpunkt, nämlich in der geringen Mächtigkeit der Korallenbildungen überein und bestätigt auch deren Beobachtung, wornach Riffkorallen nur bis in eine Tiefe von 6 Faden und in warmem Wasser existieren können. Für die Atolle schließt sich Ehrenberg der Vulkantheorie an. Die exacten Ehrenberg'schen Untersuchungen der Korallenriffe im rothen Meer sind später in den meisten Punkten durch E. Haeckel, Klunzinger und Joh. Walther[42]) bestätigt worden. Ergänzende Nachrichten über Korallenriffe auf nicht vulkanischer und nicht einmal compacter felsiger Unterlage finden sich in Nelson's[43]) sorgsamer Beschreibung der Bermudas-Inseln, worin auch über die Entstehung von Atollen Bemerkungen beigefügt sind, die sich den Ansichten von Ainsworth nähern.

Im Jahre 1842 erschien Ch. Darwin's berühmtes Werk »The Structure and Distribution of Coral Reefs«, wovon 1875 eine zweite, 1889 eine dritte Auflage mit Anhang von Bonney veröffentlicht wurde.[44]) Ch. Darwin hatte als Mitglied der Beagle-Expedition zwischen 1832 und 1834 eine große Anzahl von Korallenriffen,

Atollen und vulkanischen Inseln im Stillen Ozean kennen gelernt und diese in wundervoll klarer und vollständiger Weise beschrieben. Er theilt die Korallenbauten in die jetzt allgemein angenommenen drei Gruppen, Atolle oder Lagunenriffe, Damm-, Wall-, Barrierriffe und Saum oder Küstenriffe (fringing riffs) ein und liefert von der Form, Ausdehnung, Zusammensetzung und dem Wachsthum dieser drei Typen eine Schilderung von bis dahin unerreichter Vollständigkeit. Die geographische Verbreitung der Korallenriffe ist kartographisch dargestellt; eine Fülle von neuen Beobachtungen über die Lebensweise der Korallen und ihren relativen Antheil an der Zusammensetzung der Riffe bereichert unser Wissen. Darwin bestätigt die bereits von Quoy, Gaimard und Ehrenberg festgestellte Thatsache, daß die Riffkorallen nur in geringer Tiefe und nur in tropischen Gebieten leben, und stellt nun unter Berücksichtigung aller bisherigen Erfahrungen eine geistreiche Theorie für die Entstehung der verschiedenen Formen von Korallenriffen auf. Er nimmt an, daß alle Atolle ursprünglich als Saumriffe eine Insel umgürteten, sich aber durch eine säculäre Senkung des centralen Pacificgebietes zuerst in Wallriffe und schließlich in Atolle umwandelten. Die Bodenbewegungen in dem Senkungsfeld des pacifischen Ozeans bringt Darwin mit den daselbst weit verbreiteten vulkanischen Erscheinungen in Beziehung. Wo noch Saumriffe vorhanden sind, findet nach Darwin keine Senkung, sondern in manchen Fällen sogar eine Hebung des Untergrundes statt. Die Wallriffe und Atolle dagegen bekunden ein Untertauchen der ehemals höheren Inseln und eine Senkung des Bodens. Der ausgezeichnete amerikanische Geologe und Zoologe J. Dana[45]), welcher (1839—1841) während der Wilkes'schen Expedition reichlich Gelegenheit gehabt hatte, die Koralleninseln und Riffe in der Südsee zu studieren, schloß sich in allen wesentlichen Punkten an Darwin an und suchte dessen Theorie durch neue Beobachtungen noch fester zu begründen. Die überaus bestechende und einfache Erklärung Darwin's eroberte sich sehr bald die Sympathien der meisten Geologen und als Ferd. v. Richthofen[46]) die Darwin'sche Rifftheorie (1860) auch auf gewisse triasische Dolomitberge in Südtyrol übertrug, dieselben für ehemalige Korallenriffe erklärte und ihre gewaltige Mächtigkeit einer Senkung des Bodens zuschrieb, glaubte man eine unfehlbare Bestätigung der Darwin'schen Anschauungen gefunden zu haben. D. Stur und die meisten österreichischen Geologen

folgten Richthofen. Ed. v. Mojsisovics[47]) suchte 1879 die Dolomit-Rifftheorie durch neue Argumente zu stützen und insbesondere den Haupteinwand von Gümbel und Lepsius, nämlich den Mangel an deutlichen Korallenresten und sonstigen Versteinerungen, zu entkräften. Schon früher (1864) hatte Osw. Heer[48]) in nicht sonderlich überzeugender Weise im schweizerischen Jura Atolle und Dammriffe nachzuweisen versucht und Dupont sogar im belgischen Devon Atolle gefunden.

Einwendungen gegen die Darwin'sche Senkungstheorie erhoben schon 1849 Wilkes, 1855 Roß, 1863 der deutsche Zoologe C. Semper[49]) auf Grund seiner Untersuchungen der Korallenriffe in der Gruppe der Pelew- oder Palaos-Inseln. Er fand dort in unmittelbarer Nachbarschaft Küsten-, Wall- und Lagunenriffe, und schloß daraus, sowie aus älteren, auf dem trockenen Lande befindlichen Korallengesteinen, daß eine Senkung des Bodens nicht als Erklärung der verschiedenen Rifftypen geltend gemacht werden könne. Semper glaubt vielmehr, daß Brandung, Ebbe, Fluth und Meeresströmungen das Wachsthum der Korallenthiere vorzugsweise beeinflussen, und daß diesen Factoren die Entstehung von Lagunen und Kanälen innerhalb der Riffe zuzuschreiben sei. Auch der ältere Agassiz[50]) und nach ihm eine Anzahl amerikanischer Geologen hatten an den Korallenriffen von Florida und Tortuga keinerlei Anzeichen einer Senkung des Bodens wahrnehmen können. Diese jetzt von Al. Agassiz[51]) nach wiederholten Besuchen in musterhafter Weise beschriebenen Riffe sind auf einem noch in der Bildung begriffenen unterseeischen Plateau entstanden, das aus Schlamm, Sand und organischen Resten zusammengesetzt ist. Die herrschenden Winde und Strömungen bringen beständig neues Material herbei und suchen die für das Gedeihen von Korallenthieren geeignete Plattform zu vergrößern. Die ganze Mächtigkeit der aus Korallenkalk, Sand, Schlamm und sonstigen Organismen bestehenden Floridariffe wurde durch Bohrungen auf ca. 50 Fuß festgestellt. Für die Riffe von Cuba, Bermudas und Bahama und auch für das große nordaustralische Wallriff hält Al. Agassiz die Darwin'sche Senkungstheorie nicht für anwendbar, sondern erklärt diese in ähnlicher Weise wie das Floridariff.

Gegen Darwin hatte sich auch Rein[52]) nach einem Besuch der Bermudas-Inseln ausgesprochen. Er konnte dort nur Anzeichen von

Hebung, nicht aber von Senkung des Bodens beobachten und ist darum der Meinung, daß sich Korallenriffe überall da bilden können, wo die Grundbedingungen für die Existenz und Ansiedelung der sie erzeugenden Polypen zugleich mit einer festen Unterlage gegeben sind, mag diese nun eine untergetauchte Küste oder eine submarine Bodenerhebung oder ein untermeerischer Vulkan sein. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen war J. Murray[53]) gelangt. Auch er bestreitet die Entstehung der Atolle und Wallriffe in einem in Senkung befindlichen pacifischen Continent, nimmt vielmehr an, daß sich die Korallenthiere auf isolierten Vulkanen, die theils noch über den Wasserspiegel hervorragen, theils bis zur Grenze der mechanischen Wirksamkeit der Wogen abradiert sind, ansiedeln und hält die verschiedene Gestalt der Korallenriffe für eine Folge der Nahrungszufuhr, sowie der Erosion und Corrasion. Da die Riffkorallen am Außenrand der Windseite am meisten Nahrung erhalten und dort am üppigsten gedeihen, so schreitet das Wachsthum des Riffs dort auch schneller fort als auf der dem Wind abgewendeten Seite. In der Mitte stirbt das Riff ab; die schüsselförmige Lagune wird sodann durch die Corrasion des mit Kohlensäure reichlich imprägnierten Wassers, sowie durch die erodierende Thätigkeit der eindringenden Fluthen vertieft. Murray bestreitet auch die von Darwin und Dana angenommene große Mächtigkeit der Korallenbildungen und zeigt an der Hand zahlreicher Lothungen, daß der Außenrand eines Atolls oder Wallriffs nur bis in eine Tiefe von 60 oder 70 Meter sehr steil, zuweilen sogar fast senkrecht abfällt. Darunter ist das Gehänge bis zu 300 oder 360 Meter Tiefe mit großen, vom Riff abgebrochenen Blöcken und Kalksand aus zerriebenen Korallen bedeckt. In noch größerer Tiefe beginnen Trümmer von vulkanischem Gesteinsmaterial. Eine Bestätigung der Murray'schen Ansicht glaubte Guppy[54]) auf den Salomons-Inseln zu finden, wo ältere Korallenriffe in Höhen von über 300 Meter vorkommen, jedoch niemals eine größere Dicke als 40 Meter besitzen. Guppy schließt sich den Gegnern der Darwin'schen Rifftheorie an, und auch der Holländer Sluiter[55]) meint, daß Riffkorallen unter Umständen sogar auf schlammigem Boden gedeihen können, sobald größere Steine oder Muschelhaufen eine genügend feste Anheftungsfläche gewähren.

Im Allgemeinen neigt sich gegenwärtig die Mehrzahl der mit dem Studium der Korallenriffe beschäftigten Forscher der Ansicht zu,

daß die Darwin'sche Senkungstheorie für die amerikanischen und australischen Riffe, sowie für jene im rothen Meer unzutreffend sei. Für die Entstehung der Atolle im centralen Pacific scheint sie jedoch Vielen trotz der gewichtigen, von Murray und Al. Agassiz erhobenen Bedenken noch immer die naturgemäßeste Erklärung zu bieten.[56]) Die Probe auf ihre Richtigkeit würde sie erst dann bestehen, wenn mit Sicherheit eine sehr bedeutende Mächtigkeit der Korallenbauten nachgewiesen werden könnte. Leider lieferten die im Jahre 1896 unter der Leitung von Professor Sollas ausgeführten Bohrungen auf einem Atoll der Ellice-Inseln kein befriedigendes Resultat, da sie wegen Bruchs der Bohrgestänge unterbrochen werden mußten. Erfolgreicher scheint die von der Sidney-Universität unter Leitung von Professor Davis 1897 ausgesandte Expedition nach dem Atoll Funafuti gewesen zu sein, denn vorläufige Berichte[57]) theilen mit, daß das Bohrloch 643 Fuß tief durch festen Korallenkalk getrieben wurde, ohne das Grundgestein zu erreichen. Al. Agassiz hat allerdings nach einem Besuch der Fidschi-Inseln im Jahre 1897 das Ergebniß dieser Bohrungen für bedeutungslos erklärt, da auf verschiedenen Inseln bis zu einer Höhe von mehr als 200 Metern mächtige gehobene Korallengesteine vorkommen. Es geht daraus nach Agassiz hervor, daß sich der Boden des pacifischen Ozeans im Gebiet der Fidschi-Inseln keineswegs, wie Darwin und Dana angenommen hatten, in säculärer Senkung befindet, sondern eher im Aufsteigen begriffen ist, und daß die gehobenen Korallenriffe einer längst vergangenen Senkungsperiode angehören.

Zu den bemerkenswerthesten Produkten organischer Thätigkeit gehören die in der Erdkruste aufgespeicherten Kohlenwasserstoffverbindungen, welche in Gestalt von Asphalt, Naphtha, Petroleum und Gas gewisse Sedimentärgesteine von verschiedenem Alter imprägnieren, zuweilen auch vollständig wie Grundwasser durchtränken. Flüssiges Petroleum ist in der Regel von größeren oder geringeren Quantitäten brennbarer Gase begleitet, während diese in den mit Asphalt oder sonstigem festem Bitumen imprägnierten Gesteinen fehlen können. Fast immer findet sich Petroleum in lockeren sandigen oder porösen dolomitischen und kalkigen Schichten marinen Ursprungs, die von wasserdichten Gesteinen, namentlich Schiefern unterlagert und bedeckt werden. In Pennsylvanien, Ohio und Indiana enthalten gewisse Horizonte der Silur- und Devonformation ungeheure Mengen von Petroleum und

brennbaren Kohlenwasserstoffgasen, bei Baku am Kaspischen Meer und Grosny am Nordfuß des Kaukasus wurden anscheinend unerschöpfliche Naphtha- und Petroleumquellen erbohrt, und ebenso liefert Hinterindien (Birma) das sogenannte Rangunöl. Sowohl im kaukasischen Rußland, als auch in Rumänien und Galizien ist das Bitumen in sandigen Schichten der älteren (oligocänen) Tertiärformation eingeschlossen und findet sich bemerkenswerther Weise wie in Pennsylvanien stets in größter Menge auf dem Kamm antiklinaler Schichtensättel. Ueber das Vorkommen von Petroleum in Nordamerika liegen ausführliche Berichte von White[58]), Peckham[59]), Orton[60]) Mac Gee und Phinney[61]) vor; über Baku verdankt man Abich, Simonowitsch, Konchin, Sjögren[62]) mehr oder weniger eingehende Darstellungen. Die rumänischen und galizischen Petroleumvorkommnisse sind von Paul, Tietze, Niedzwiecki, Bacek[63]), Walter und Dunikowski[64]) beschrieben. Ueber die Entstehung von Asphalt, Naphtha, Petroleum und Kohlenwasserstoffgasen sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Der Chemiker Berthélot[65]) läßt dieselben aus der Zersetzung von Alkalimetallen (Kalium, Natrium) im Contact mit kohlensäurehaltigem Wasser hervorgehen. Auch Mendelejeff[66]) glaubt in der Einwirkung von Wasser auf glühenden Eisenkohlenstoff oder hochgradig erhitzte Metallcarbide im Erdinnern eine Erklärung für die Entstehung von Petroleum zu finden, das als Verdichtungsprodukt durch Gas- und Wasserdampf bis an die Oberfläche getrieben wird. Diese Theorien lassen sich mit dem Vorkommen der fossilen Kohlenwasserstoffe absolut nicht in Einklang bringen und sind darum von den Geologen einmüthig zurückgewiesen worden.

Alle sonstigen Hypothesen betrachten Organismen als Urheber der in großen Massen vorkommenden Kohlenwasserstoffverbindungen. Daß in Torfmooren, schlammigen Niederungen sich nicht selten Sumpfgas entwickelt, ist eine seit langem bekannte Thatsache. G. Bischof verwerthet dieselbe in seiner chemischen Geologie auch für die Entstehung von Asphalt und Petroleum, indem er diese Substanzen aus der langsamen Zersetzung von Vegetabilien hervorgehen läßt. Quenstedt leitet das Bitumen in den schwäbischen Oelschiefern des Lias aus der Zersetzung von Fischen und thierischen Organismen ab und Sterry Hunt[67]) hält die Entstehung von Petroleum in Canada gebunden an kalkige, mit thierischen Organismen erfüllte Sedimente, in welchem sich durch Zersetzung an Ort und Stelle Kohlenwasserstoff-

verbindungen bilden. Aehnliche Anschauungen wie Bischof, Quenstedt und Sterry Hunt vertreten auch J. C. White und J. P. Lesley. Diesen auf Zersetzungsprocesse in den ölführenden Schichten selbst begründeten Hypothesen stehen andere gegenüber, welche die Ansammlungen von Petroleum, Gasen ꝛc. durch langsame Destillation organischer Substanzen in älteren Ablagerungen erklären, aus denen dann die Destillationsprodukte in höher gelegene Schichten gelangen und sich hier nach ihrer Schwere in verschiedenen Zonen ansammeln. Newberry[68]) glaubt, die Zersetzung erfolge bei normaler Temperatur, Peckham[59]) beansprucht starke, durch Gebirgsdruck verursachte Hitze. Bischof, Newberry und Peckham nehmen überwiegend pflanzliche, Quenstedt, Höfer, Sterry Hunt thierische Substanz als das Grundmaterial für die Zersetzungs- und Destillationsprodukte an. Coquand[69]) und Lartet[70]) lassen die letzteren in Gestalt von Quellen aus älteren Schichten in jüngere aufsteigen. Auf experimentellem Wege kann man zwar Kohlenwasserstoffgase und Theer durch trockene Destillation von Holz und Kohle in erheblicher Menge gewinnen, dagegen ist es bis jetzt nicht gelungen, Petroleum auf diese Weise künstlich herzustellen. Erst die Versuche Engler's[71]), Fischthran bei einem Druck von 20 bis 25 Atmosphären und einer Temperatur von 365 bis 420° zu destillieren, lieferten ein Produkt, das dem natürlichen pennsylvanischen Petroleum sehr nahe kommt und, wie Heusler[72]) gezeigt, nach Behandlung mit Aluminiumchlorid bis aufs genaueste damit übereinstimmt. Wenn somit aus thierischem Fett unter Abschluß der Luft, bei erhöhtem Druck und hoher Temperatur eine erdölartige Substanz entsteht, so kann sich solche bei genügender Zeit wohl auch unter normaler Temperatur und ohne Anwendung von Druck bilden, namentlich wenn, wie Ochsenius[73]) annimmt, Mutterlaugensalze Aluminiumchlorid erzeugen. Ochsenius hält darum die Erdölbildung für gebunden an flache Aestuarien, in welchen große Mengen von thierischen Leichen und Algen in scharf gesalzenem, an Mutterlaugen und namentlich an Chlormagnesium reichem Wasser zur Zersetzung gelangen. Die Thatsachen, daß weder Naphtha noch Petroleum in Süßwasserschichten vorkommen, daß dieselben aber sehr häufig von Salzsoole begleitet sind, sprechen für Ochsenius, ebenso die Beobachtungen von Andrussow, Natterer und Barrois, wonach in der Bucht von Karabuga im Kaspischen Meer, im Golf von Suez und in austrocknenden Salztümpeln der

Bretagne, wo bedeutende Mengen von Thierleichen und Pflanzendetritus sich ansammeln, nicht nur im Schlamm, sondern auch an der Oberfläche des Wassers kleine Mengen von Petroleum erzeugt werden. In einem monographischen Werk von H. Höfer[74]) sind alle wichtigeren Erfahrungen über Vorkommen, Entstehung, Zusammensetzung u. s. w. des Petroleums niedergelegt.

Anmerkungen zum 3. Kapitel der 4. Periode.

Abschnitt d.

[1]) Julien A. A. On the geological action of the Humus Acids Americ. Assoc. for the advancem. of Sciences 1879.

[2]) Rennie. Essays on Peat-moss. Edinburgh 1810.

[3]) Steenstrup. Afhandl. af Danske Vidensk. Selskab. 1841.

[4]) Griesebach. Ueber die Bildung des Torfes in den Emsmooren. Göttingen 1845.

[5]) Sendtner. Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns 1854.

[6]) Vogel A. Der Torf, seine Natur und Bedeutung. Braunschweig 1879.

[7]) Lesquereux. Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellschaft 1852. S. 695.

[8]) Lesquereux. Untersuchungen über die Torfmoore, herausgegeben von Lengerke. Berlin 1847.

[9]) Senft F. Die Humus-, Marsch-, Torf- u. Limonitbildungen. Leipzig 1862

[10]) Agassiz Al. The Blake Expedition. Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge XXII.

[11]) Bertrand Eugène et Renault B. Reinschia Australis et premières remarques sur le Kerosene shale de la nouvelle Galle du Sud. Autun 1894 (Bull. Soc d'Hist. nat. d'Autun VI). — Nouvelles remarques sur le Kerosene shale ibid. 1896. IX. — Conférences sur les Charbons de Terre. Bull. Soc. Belge de Géologie, Paléontologie et d'Hydrologie 1898. XI.

[12]) Zincken C. F. Die Braunkohle und ihre Verwerthung. I. Physiographie der Braunkohle. Hannover 1865 und Ergänzungen. Halle 1871.

[13]) Voigt. Versuch einer Geschichte der Steinkohlen, der Braunkohlen und des Torfs. Weimar 1802.

[14]) v. Beroldingen. Beobachtungen, Zweifel und Fragen, die Mineralogie betreffend. Hannover 1778.

[15]) Williams. Naturgeschichte des Steinkohlengebirgs (aus dem Englischen übersetzt). Dresden und Leipzig 1798.

[16]) Goeppert H. R. Abhandlung, eingesandt auf die Preisfrage: Man suche darzuthun, ob die Steinkohlen aus Pflanzen entstanden sind, welche an den Stellen, wo jene gefunden werden, wuchsen? Haarlem 1848.

[17]) Reinsch P. F. Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle. 1881.

[18]) Mohr F. Geschichte der Erde. Bonn 1866. S. 87.

[19]) Gümbel C. W. Beiträge zur Kenntniß der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. Mathem.-phys. Cl. 1883.

[20]) Regnault. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Boedeker. 1851.

[21]) Burat A. De la Houille. Traité théorique et pratique des combustibles minéraux. Paris 1851.

[22]) Hauer C. v. Die fossilen Kohlen Oesterreichs. Wien 1865. 2. Aufl.

[23]) Muck. Die Chemie der Steinkohlen. Leipzig 1891. 2. Aufl.

[24]) Geinitz, Fleck und Hartig. Die Steinkohlen in Deutschland und anderen Ländern Europas. 2 Bände. München 1865.

[25]) Grand Eury. Annales des mines 1882. I. 99—290.

[26]) Fayol H. Études sur le Terrain Houiller de Commentry. St. Étienne 1887.

[27]) Lapparent A. de. Traité de Géologie. 3e éd Paris 1893.

[28]) Mietzsch Herm. Geologie der Kohlenlager. Leipzig 1875.

[29]) Toula Franz. Die Steinkohlen, ihre Eigenschaften, Vorkommen, Entstehung und nationalökonomische Bedeutung. Wien 1888.

[30]) Gümbel C. W. v. Die sogenannten Nulliporen und ihre Betheiligung an der Zusammensetzung der Kalksteine. I u. II. Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. Bd. XI. 1871 u. 1872.

[31]) Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1885. S. 229.

[32]) Erde und Ewigkeit S. 372.

[33]) Mohr Fr. Geschichte der Erde. Bonn 1866. S. 46.

[34]) Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br. IV. 1889. S. 288.

[35]) Forster J. Reinh. Bemerkungen auf seiner Reise um die Welt. 1783. (Die Beobachtungen Forster's an Korallenriffen sind zusammengestellt von Joh. Rittnau in dem Gymnasialprogramm von Hanau 1881.)

[36]) Adalbert v. Chamisso's Beobachtungen über Korallenriffe finden sich im 3. Band von Kotzebue's Reise in die Südsee, sowie im 2. Band seiner gesamm. Werke.

[37]) Annales des Sciences naturelles. Paris 1825. t. 6. p. 276.

[38]) Steffens Henrik. Anthropologie. Bd. I. S. 320.

[39]) Voyage autour du monde de »la Coquille«. Zoologie. I. 1. p. 315.

[40]) Beechey. Narrative of a voyage to the Pacific and Berings Strait. London 1831.

[41]) Journ. Royal Soc. London 1831.

[42]) Walther Joh. Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. Abhandl. der k. sächs. Ges. d. Wissenschaften. X. 1888.

[43]) Nelson. On the Geology of the Bermudas. Trans. Geol. Soc. London. 2d Series. vol. IV. 1837.

[44]) Eine französische Uebersetzung dieses Werkes von Cosserat erschien 1878, eine deutsche von V. Carus 1876.

[45]) Dana J. Wilkes U. S. Exploring Expedition. Geological Report. 1849; später in Corals and Coral Islands. New York 1872 und in Americ. Journ. of Sciences 1885. Bd. 30. S. 89 u. 169.

[46]) Richthofen Ferd. v. Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, St. Cassian etc. Gotha 1860. S. 295 und Zeitschr. d. deutschen geolog. Ges. 1874. Bd. 26. S. 233—250.

47) Mojsisovics v. Mojsvar Ed. Die Dolomit-Riffe von Südtyrol und Venetien. Wien 1879.

48) Heer Osw. Urwelt der Schweiz. Zürich 1864.

49) Semper C. Zeitschr. für wissensch. Zoologie 1863. Bd. XIII. S. 563.

50) Agassiz Louis. Report on the Florida Reefs (zuerst veröff. 1851 im Annual Report of the Coast Survey, dann abgedruckt und durch Abbildungen ergänzt in den Mem. of the Museum of comparative Zoology. vol. VII. 1880).

51) Agassiz Alex. On the Tortuga and Florida Reefs. Mem. Amer. Ac. of Arts and Sciences vol. XI. 1885 und The elevated Reef of Florida Bull. Mus. Comp. Zoology. vol. XXVIII. No. 2. 1896.

52) Rein. Jahresbericht der Senckenberg'schen naturforsch. Gesellschaft 1870. S. 158 und Verhandlungen des ersten deutschen Geographentags. 1881.

53) Murray J. Proceed. Roy. Soc. Edinburgh 1880. X. S. 505.

54) Guppy H. B. Nature 1855. Bd. 33. S. 202 und Bd. 35. S. 77; außerdem in dem selbständigen Werk The Salomon Islands. London 1887.

55) Sluiter C. Ph. Ueber die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee &c. Biolog. Centralbl. 1890. Bd. IX. S. 737.

56) Literaturzusammenstellungen über die Kenntnisse und Theorien über Korallenriffe wurden von Leop. Böttger (1890) und Langenbeck (Leipzig 1890) veröffentlicht.

57) Nature 1897. December. S. 137.

58) White J. C. Second Geol. Survey of Pennsylvania 1880. 1881.

59) Peckham S. F. Report on the Production, Technology and Uses of Petroleum and its Products. 10th Census. U. S. vol. X. 1884.

60) Orton Edw. The Trenton limestone as a source of Petroleum and natural gas in Ohio and Indiana. 8th Ann. Rep. U. S. geol. Survey. 1889.

61) Mac Gee and A. J. Phinney. The natural gas field of Indiana. 11th Annal. Rep. U. S. geol. Survey. 1891.

62) Sjögren H. Geologiska Föreningens Förhandl. 1891. 1892. XIII. XIV.

63) Die zahlreichen Abhandlungen dieser Autoren finden sich im Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien in den Jahrgängen 1882 bis 1896.

64) Walter H. und v. Dunikowski E. Das Petroleumgebiet der galizischen Westkarpathen. Wien 1883.

65) Berthélot. Annal. de Chém. et de Phys. Déc. 1866.

66) Bull. Soc. Chém. de Paris 1877.

67) Sterry Hunt. Amer. Journ. Sc. 2d ser. vol. 35. 1863 u. vol. 46. 1868.

68) Newberry J. S. Geol. Survey Ohio Rep. vol. I. 1873.

69) Coquand H. Bull. Soc. géol. France. 2 sér. 1867. vol. 24. S. 506. 565.

70) Lartet L. ibid. S. 30.

71) Engler C. Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 21. 22. 26. 28.

72) Heusler. Theorie der Erdölbildung. Nachr. d. k. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen 1896.

73) Ochsenius C. Chemiker-Zeitung 1891. 1892. 1896.

74) Höfer H. Das Erdöl (Petroleum) und seine Verwandten. Geschichte, physikalische und chemische Beschaffenheit, Ursprung &c. 1888.

e) Vulkane.

Der erbitterte Kampf zwischen Neptunisten und Vulkanisten, welcher die zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts erfüllte, fand nach Werner's Tod in dem Zusammenbruch der extrem neptunistischen Lehre seinen Abschluß und damit treten die von Werner wenig beachteten Vulkane wieder mehr in den Vordergrund der geologischen Forschung. Hatten sich um die Kenntniß der Vulkane und vulkanischen Erscheinungen im vorigen und im Anfang dieses Jahrhunderts vorzugsweise italienische, französische und englische Autoren verdient gemacht, so übernahmen nunmehr zwei deutsche Forscher, Alexander v. Humboldt und Leopold v. Buch die Führung auf diesem Gebiete. Humboldt erweiterte durch seine wundervollen Schilderungen der Vulkane auf den canarischen Inseln, in Quito, Peru, Neu-Granada und Mexico die Kenntniß über die äußere Erscheinung, Dimensionen, Anordnung, geographische Verbreitung und Zusammensetzung dieser charakteristischen Gebilde der Erdoberfläche in grundlegender Weise und ihm verdankt man die erste vergleichende Darstellung der Vulkane. Seine Fähigkeit, einzelne Beobachtungen mit einander in Verbindung zu bringen und unter allgemeinen Gesichtspunkten anzuordnen, hat sich gerade bei der Behandlung der Vulkane in glänzender Weise bewährt. Aus der Verbreitung der Feuerberge, aus ihrer Vereinigung in größere Gruppen oder in langgestellte Züge und aus dem Zusammenhang der vulkanischen Thätigkeit mit Erdbeben, schloß Humboldt, daß die Ursache dieser Erscheinungen keine kleinliche und locale sein könne, sondern mit der Beschaffenheit des Erdinnern in Beziehung stehen müsse. Die reihenförmige Anordnung der Vulkane führte ihn zu der Annahme, daß diese Oeffnungen auf Spalten der Erdkruste stehen müßten, die in gewaltige Tiefen herabreichen. Damit sagte sich Humboldt[1]) von der Werner'schen Schule los und beseitigte endgültig die kindliche Erdbrandtheorie. In fast allen specielleren auf die Entstehung und den Aufbau der Vulkane bezüglichen Fragen stützte sich Alex. v. Humboldt auf seinen langjährigen Freund L. v. Buch „den ersten Geognosten unserer Zeit", wie er ihn in seiner Abhandlung über den Bau und die Wirkungsart der Vulkane bezeichnete.

Als eifriger Neptunist hatte v. Buch im Jahre 1798 zum ersten Mal den Vesuv, die Gegend von Neapel und Rom und die Euganeen

kennen gelernt, überall nach Beweisen für die wässerige Entstehung des Basaltes gesucht, jedoch keine bestimmte Vorstellung über das Wesen der Vulkane und über die Beziehungen der Laven zum Basalt gewonnen. Durch einen Besuch der Auvergne im Jahre 1802 gewann er die Ueberzeugung, daß die dortigen vulkanischen Erscheinungen nicht durch Erdbrände oder entzündete Steinkohlenlager, sondern durch eine allgemeinere Ursache, nämlich unterirdische Hitze veranlaßt seien. Seiner feinen Beobachtungsgabe konnten die zahllosen Beweise für die eruptive Entstehung der trachytischen und basaltischen Gesteine in der Auvergne nicht entgehen, und wenn er die daselbst gemachten Erfahrungen auch nicht auf den deutschen Basalt übertragen wollte, so war doch sein Glauben an die Werner'sche Basalttheorie gründlich erschüttert. In der Auvergne spricht er zum ersten Mal von einer centralen Hebung des Mont d'or-Gebirges durch unterirdische Kraft, ohne jedoch diesen Gedanken weiter zu verfolgen. Das eingehende Studium vulkanischer Gesteine reifte 1813 die wichtige Abhandlung „von den geognostischen Verhältnissen des Trapp-Porphyrs“ [1]), worin v. Buch nicht nur die zur Trachytfamilie gehörigen Gesteine in musterhafter Weise nach ihren petrographischen Eigenschaften und ihrem Vorkommen beschreibt, sondern auch seine schon früher ausgesprochene Ansicht über die Entstehung des Trapp-Porphyrs durch Umschmelzung von Granit unter Mitwirkung elastischer Dämpfe wiederholt. Die für das Mont d'or- und Cantal-Gebirge angenommene Hebung wird nunmehr auch auf andere vulkanische Gebiete, z. B. auf den Jorulla in Mexico, auf die Insel Santorin, auf die von Esmark beschriebenen Porphyr- (d. h. Trachyt-) Gebirge Ungarns und auf die der südamerikanischen Cordilleren angewandt und damit die durch blasen- oder gewölbartige Hebung entstandenen Gebirge den eigentlichen Vulkanen gegenüber gestellt. Nachdem v. Buch im Jahre 1805 mit Al. v. Humboldt den Anblick einer Vesuveruption genossen, zog es ihn nach einem neuen, wenig bekannten vulkanischen Gebiete, das nach Humboldt's verführerischer Beschreibung reiche Ausbeute verhieß. Nach mehrwöchentlicher Vorbereitung in England schiffte er sich in Begleitung des norwegischen Botanikers Christian Smith nach den Canarischen Inseln ein und landete nach einem flüchtigen Besuch von Madeira am 6. Mai 1815 in Orotava auf Teneriffa. Bis Ende Juni brachten die Reisenden auf Teneriffa zu, bestiegen den Pic de Teyde und durchwanderten die Insel nach verschiedenen Richtungen.

Vom 29. Juni bis 11. August wurde Gran Canaria erforscht und nach einem abermaligen Aufenthalt in Teneriffa fand sich Anfang Oktober die ersehnte Gelegenheit einer Ueberfahrt nach der Insel Palma, wo die berühmte Caldera und die zahllosen Barrancos reichen Stoff zur Beobachtung lieferten. Auf der Rückfahrt nach England konnten die Reisenden an der geologisch noch unerforschten Insel Lancerote landen und deren Untersuchung fast zehn Tage widmen. Die Ergebnisse der gemeinsamen Reise wurden von Leop. v. Buch allein veröffentlicht, da Smith schon 1816 am Congo, wohin er sich mit der Tuckey'schen Expedition begeben hatte, seinen Tod fand. Die physikalische Beschreibung der canarischen Inseln[3]) bietet Bedeutendes für den Geographen, Meteorologen, Botaniker und Geologen und steht an Feinheit des Stils nicht hinter der norwegischen Reisebeschreibung zurück. Der fünfte Abschnitt bringt eine geradezu klassische Darstellung der geologischen Verhältnisse der canarischen Inseln. Kein anderes vulkanisches Gebiet war bis dahin mit gleicher Genauigkeit und Vollständigkeit beschrieben. Die Gestalt, der Aufbau, die Zusammensetzung und Entstehung der verschiedenen Inseln, die Beschaffenheit der Gesteine und Auswurfsprodukte und die späteren Veränderungen sind mit schwer zu übertreffender Anschaulichkeit und Sachkenntniß geschildert und durch topographische Karten von Teneriffa, Palma und Lancerote, die ausschließlich nach den Aufnahmen und Zeichnungen v. Buch's hergestellt wurden, in anschaulichster Weise illustriert. Am Pic von Teneriffa und in den wundervollen Kesselvertiefungen der Calderen von Palma und Canaria fand v. Buch neue Beweise für vulkanische Hebungen, die er bereits in der Auvergne gesehen hatte, und so gestaltete sich das Bild der Erhebungskrater immer bestimmter und wurde von nun an zu einer Lieblingstheorie des geistreichen Geologen. In einer Abhandlung „über die Zusammensetzung der basaltischen Inseln und über Erhebungskrater", vorgelesen am 28. Mai 1819 in der Berliner Akademie[4]), definiert v. Buch zum erstenmal seine Erhebungskrater im Gegensatz zu den eigentlichen Vulkanen. Die letzteren sind einzelne, freistehende, kegelförmige, fast immer aus Trapp-Porphyr (Trachyt) zusammengesetzte Berge, aus welchen Feuer, Dämpfe und Steine hervorbrechen. Sie sind von Massen umgeben, welche sie selbst um sich her aufgehäuft haben, von geschmolzenen Materien, die sich in Strömen gegen die Tiefe bewegen. Diesen typischen Vulkanen stehen die basaltischen Inseln als größere,

weiter verbreitete Massen gegenüber. In ihnen findet man keine Ströme, keine unregelmäßig um einen Mittelpunkt vertheilten Rapilli; in ihnen spielt der Trachyt nur eine untergeordnete Rolle; die Basaltmassen sind den Schichten anderer Gebirge ähnlich und erheben sich von allen Seiten gegen einen großen centralen Kessel, den Erhebungskrater. Die Kraft, welche eine derartige Wirkung hervorzubringen im Stande war, muß sich lange im Innern sammeln und verstärken, ehe sie den Widerstand der darüber lastenden Massen überwinden kann. Daher reißen die gespannten Dämpfe die auf dem Meeresgrunde befindlichen Conglomerate oder die noch tiefer im Erdinnern gebildeten Schichten und Gesteine bis an die Oberfläche empor und entweichen sodann durch den gewaltigen Erhebungskrater. Die große, blasenartig erhobene Masse fällt wieder zurück und verschließt die für solche Kraftäußerung gebildete Oeffnung. Es entsteht hiebei kein Vulkan, wenn sich nicht in der Mitte des Erhebungskraters ein centraler Kegelberg (der Centralvulkan) bildet, welcher die Verbindung des Erdinnern mit der Atmosphäre aufrecht erhält und auf seinem Gipfel oder auf den Seiten einen oder mehrere Ausbruchs- oder Eruptionskrater besitzt. Das Vorkommen von krystallinisch-körnigen Primitivgesteinen (von Reiß später als Diabas und Hypersthenfels erkannt) in der Tiefe der Caldera von Palma, die ganze Anordnung der mantelförmig von dem Centralkrater abfallenden und von zahlreichen Gängen durchkrusteten Gesteinsschichten, die Anwesenheit radialer, als Spalten gedeuteter Schluchten (Barrancos) auf der Außenseite der Erhebungskrater hatten v. Buch zu einem Gedankengange geführt, welcher sich von nun an durch alle seine theoretischen Betrachtungen über Vulkanismus und Gebirgsbildung wie ein rother Faden hindurchzieht. Ein Vergleich der Erhebungskrater auf den Canaren mit anderen basaltischen Inseln, wie Madeira, St. Helena, Amsterdam, Galapagos, Faröer, sowie mit den Basaltgebieten auf den Continenten veranlaßten v. Buch zur Meinung, daß Hebungskrater eine weite Verbreitung besitzen und zuweilen, wie auf der Insel Volcano, Bourbon, den Barren-Inseln einen centralen Vulkan umschließen oder, wie in der Auvergne, im Siebengebirge, am Aetna, den liparischen Inseln, den südamerikanischen Cordilleren, trachytische, domförmige Kegelberge aufweisen, die als blasenförmige, aus der Tiefe emporgetriebene Massen über den Ausbruchsspalten stehen und entweder am Gipfel geschlossen bleiben oder sich mit Ausbruchskratern versehen. Die oberen

basaltischen Schichten der Erhebungskrater mögen, wie v. Buch gerne zugibt, geflossen sein, aber nicht wie die Lavaströme an der Oberfläche der Erde, sondern in der Tiefe unter großem Druck. Damit tritt v. Buch offen auf die Seite Hutton's, dessen Hebungstheorie durch unterirdische Hitze principiell angenommen wird und jetzt allerdings in veränderter Gestalt und unter Anwendung auf besondere Verhältnisse in der Lehre von den Erhebungskratern wiederkehrt. An die Beschreibung der canarischen Inseln schließt L. v. Buch eine allgemeine Betrachtung über sämmtliche Vulkane der Erdoberfläche an. Er theilt dieselben in zwei Classen: Central- und Reihenvulkane. Die ersteren bilden stets den Mittelpunkt einer größeren Anzahl gleichmäßig nach allen Richtungen vertheilter Ausbrüche, während die Reihenvulkane wie die Essen auf einer großen Spalte in langen Serien aufeinanderfolgen und entweder als Gipfel auf dem höchsten Rücken eines Gebirgszuges stehen oder sich als einzelne Kegelinseln aus dem Ozean erheben. Sowohl die Central- als auch die Reihenvulkane bestehen in der Regel aus Trachyt. Als Beispiele von Centralvulkanen nennt v. Buch den Aetna, die liparischen Inseln, die Campi Phlegraei bei Neapel, Island, die azorischen, canarischen und capverdischen Inseln, die Galapagos, Sandwich-Inseln, Marquesas, Societäts- und Freundschafts-Inseln, Bourbon, den Demavend, Ararat, die Vulkane in Centralasien und Kordofan. Zu den Reihenvulkanen rechnet v. Buch die griechischen Inseln, die westaustralischen und Sunda-Vulkane, die Molukken, Philippinen, die japanischen, kurilischen, kamdschadalischen und aleutischen Vulkane, die Marianen, die Vulkane von Chile, Peru, Quito und Bolivia, der Antillen, von Guatemala und Mexico.

Während L. v. Buch mit der Ausarbeitung seines Werkes über die canarischen Inseln beschäftigt war, veröffentlichte der Engländer C. Daubeny (1819) eine tabellarische Uebersicht der feuerspeienden Berge, nebst einer Aufzählung aller in historischer Zeit erfolgten Eruptionen und Erdbeben und Carl v. Hoff lieferte 1824 im zweiten Bande seines berühmten Werkes über die Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche eine meisterhafte Zusammenstellung aller bis dahin bekannten thätigen Vulkane, sowie eine Aufzählung der durch Vulkane und Erdbeben in historischer Zeit hervorgebrachten Veränderungen an der Erdoberfläche. In allen theoretischen Fragen über Entstehung und Zersetzung

der Vulkane folgt v. Hoff den Anschauungen v. Humboldt's und v. Buch's.

Einen entschiedenen Fortschritt in der Kenntniß der erloschenen Vulkane bieten die gewissenhaften Untersuchungen des Trierer Gymnasiallehrers Joh. Steininger[5]) über die Vulkane in der Eifel und am Niederrhein. Die genaue Beschreibung der mit Kratern versehenen Kegelberge bei Bertrich und Nidersdorf, von denen Ströme säulenförmigen Basaltes ausgehen, welche aufs innigste mit Augitlaven und vulkanischen Schlacken verbunden sind, lassen keinen Zweifel an der feuerigen Entstehung des Basaltes; auch in den charakteristischen, theils mit Wasser erfüllten, theils mit Wiesen oder Feldern bedeckten Maaren, in deren Umgebung meist lose vulkanische Auswurfsprodukte angehäuft sind, erkennt Steininger mit Recht ehemalige Eruptionsstätten, ächte Krater und nicht wie J. A. de Luc meinte, eingesunkene Vulkane. Die Traßablagerungen im Brohlthal und bei Niedermendig werden als Ströme vulkanischen Tuffs gedeutet und auch den Basalten, Trachyten, Andesiten des Siebengebirges ein vulkanischer Ursprung zugeschrieben. Wenn Steininger freilich die Domite und Basalte des Siebengebirgs für umgeschmolzenen Thonschiefer hält, so steht er mit dieser sonderbaren Hypothese, die übrigens 1824 zurückgenommen wird, offenbar unter dem Einfluß Leop. v. Buch's, welcher die Domite der Auvergne aus der Umschmelzung von Granit hervorgehen läßt. In scharfsinniger Weise begründet Steininger den Unterschied zwischen dem vulkanischen Gesteine der Eifel und der Rheinlande und dem Trapp-Porphyr (Melaphyr, Mandelstein, Porphyrit, Palatinit) der Gegend von Birkenfeld und im Nahethal, denen er zwar gleichfalls eruptive und zwar submarine Entstehung, dagegen ein viel höheres Alter zuschreibt als den Vulkanen zwischen Mosel, Kill, Aar und Rhein. Letztere gehören einer Zeit an, in welcher nicht nur die Gebirge, sondern auch die Thäler im wesentlichen schon ihre heutige Gestalt besaßen. Steininger hebt als Eigenthümlichkeit der Eifler Vulkane hervor, daß sie öfters aus Schlacken und Lava bestehen, ohne einen Eruptionskrater zu besitzen. Die rheinischen Vulkane, namentlich jene im Siebengebirge, hält Steininger für gehobene Kegelberge, bei denen es meist nicht zum Ausbruch vulkanischer Massen kam. In den 1821 veröffentlichten Neuen Beiträgen zur Geschichte der rheinischen Vulkane weist Steininger nach, daß ein Theil der rheinischen Vulkane, namentlich jene auf dem rechten Ufer, der Zeit der Braun-

kohlenbildung angehören und älter sind als die Gerölle- und Lehmablagerungen mit fossilen Säugethierknochen (Mammuth, Rhinoceros) und Schalen von noch jetzt existierenden Schneckenarten, während die Produkte der jüngsten Vulkane auf der linken Rheinseite über diesen Ablagerungen ausgebreitet erscheinen und nach einer mißverstandenen Bemerkung des Tacitus von in historischer Zeit erfolgten Ausbrüchen herrühren sollen. Auch petrographisch lassen sich die jüngeren Basaltlaven der Eifel von dem typischen Basalt unterscheiden; wenngleich beide entschieden vulkanischen Ursprungs sind. Das Vorkommen von Steinkohlen in der Region der älteren Trappgesteine der Saar- und Nahegegend, führt Steininger zur Ansicht, daß brennende Kohlenflötze die Veranlassung der vulkanischen Erscheinungen seien.

Im Ganzen hält sich Steininger von theoretischen Speculationen fern. Er ist in erster Linie Beobachter; seine beiden Schriften bringen eine Fülle von präcis beobachteten Thatsachen und aus diesen werden mit logischer Schärfe Schlüsse gezogen, die sich lediglich auf das untersuchte Gebiet beziehen und niemals den Anspruch erheben, allgemeine Lehrsätze zu bilden. Stand Steininger anfänglich noch gänzlich unter dem Einfluß der v. Buch'schen Theorien, so wurde sein Glauben an die Erhebungskrater durch einen Besuch der Auvergne, des Mont d'or und Cantalgebirges von Grund aus erschüttert.[6]) Schon der Anblick von Basaltströmen über dem tertiären Süßwasserkalk der Limagne mußte den mit den rheinischen Vulkanen vertrauten Forscher zu der Ueberzeugung führen, daß es sich hier nicht um Gesteinsmassen handeln könne, die vom Grund des Ozeans emporgehoben wurden. Auch in der säulenförmigen Absonderung des Basaltes kann Steininger keinen Grund finden, daß er unter hohem Druck unter Wasser entstanden sei. In den Schluchten des Cantal sieht Steininger einfache Erosionsthäler, keineswegs aber durch mantelförmige Hebung des Bodens gebildete Spalten (Barrancos). Für die isolierten, aus Domit und Trachyt bestehenden Kegelberge schließt sich Steininger der Erhebungstheorie v. Buch's an, schreibt die gleiche Entstehung aber auch den älteren Basaltkuppen zu und bestreitet, daß Trachyt durchwegs jünger sei als Basalt.

Von anderen, an Hutton anknüpfenden Anschauungen gehen die beiden schärfsten Gegner Leop. v. Buch's, G. Poulett-Scrope und

Ch. Lyell aus. Poulett-Scrope*) hatte schon im Winter 1816/17 als zwanzigjähriger Student Gelegenheit gehabt, die vulkanische Umgebung von Neapel kennen zu lernen und dies bestimmte die Richtung seiner wissenschaftlichen Studien. Er kehrte 1818, 1819 und 1822 nach Süditalien zurück, besuchte den Vesuv, die Ponzainseln, den Aetna, die liparischen Inseln, die Gegend von Rom und die Euganeen. 1821 brachte er mehrere Monate in der Auvergne zu und 1823 lernte er die von Steininger beschriebenen rheinischen und Eifler Vulkane kennen. Gestützt auf diese Erfahrungen veröffentlichte er 1825 sein berühmtes Werk über Vulkane[7]) und 1826 seine vortreffliche Monographie der erloschenen Vulkane in Centralfrankreich.[8]) Poulett-Scrope's erstgenanntes Werk, von dem 1872 eine zweite, besser illustrierte, mehrfach umgearbeitete und durch ein Verzeichniß und Beschreibung aller bekannten Vulkane vermehrte Auflage erschien, bildet noch heute die Grundlage der Vulkanlehre. Es ist eine erschöpfende, auf eigene Beobachtung gestützte und durchaus originelle Naturgeschichte des Vulkanismus, wie sie weder vorher noch nachher wieder geschrieben wurde. Poulett-Scrope ist wie Hutton und sein Zeitgenosse Ch. Lyell Uniformitarier und sucht alle Ereignisse der Vergangenheit durch noch jetzt wirkende Kräfte zu erklären. Nach P.-Scrope nöthigen die charakteristischen Erscheinungen der Vulkane zur Annahme einer gasartigen Expansivkraft, welche durch Hitze in einer unterirdischen Masse von Lava erzeugt wird. Fließt Lava aus einer vulkanischen Oeffnung aus, so stellt sie nur selten, wie geschmolzenes Eisen oder Glas eine weiß- oder rothglühende homogene Masse dar, sondern befindet sich in zähflüssigem, von elastischen Wasserdämpfen durchsetztem, kochendem Zustand und enthält zahlreiche feste Kryställchen, welche durch diese Gase freie Bewegung in der umgebenden Flüssigkeit erhalten. Die in der Lava befindlichen Wasserdämpfe sind die treibende und hebende Kraft der Vulkane; sie entweichen während der Eruption als mächtige Dampfwolken und verursachen dadurch die

*) George Poulett-Scrope ist 1797 in London als Sohn des reichen Kaufherrn J. Poulett Thomson geboren; studierte in Cambridge unter Professor Sedgwick und nahm 1821 nach seiner Verheirathung mit der Erbin der alten Familie Scrope den Namen Scrope an. 1833 wurde er Parlamentsmitglied und widmete sich von da an in erster Linie der politischen Thätigkeit, ohne jedoch seine Vulkanstudien zu vernachlässigen. 1867 verlieh ihm die Geologische Gesellschaft die Wollaston-Medaille. Er starb in Fairlawn (Surrey) im Januar 1876.

Verfestigung der ausgeflossenen Lava. Nimmt man in einem von Wasser durchtränkten, unter Druck befindlichen und über den Kochpunkt erhitzten Gestein bei gleichem Druck eine Temperaturerhöhung oder bei gleicher Temperatur ein Nachlassen des Druckes an, so muß in beiden Fällen Dampfentwickelung stattfinden und zugleich Wärme latent werden. Durch diesen unter Druck befindlichen Dampf werden die krystallinischen Bestandtheile des Lavagesteins getrennt, die Lava schwillt an und geräth in flüssigen Zustand; von der Schwere der Bestandtheile und der Feinheit des Korns hängt die Beweglichkeit der Dämpfe und damit auch die leichtere oder zähere Flüssigkeit der ganzen Masse ab. Denkt man sich in der Erdkruste nicht sehr tief unter der Erdoberfläche eine Masse von Lava in unbeschränkter horizontaler Ausdehnung, bedeckt durch sedimentäre Gesteinsschichten und nimmt man an, daß diese mit Wasser durchtränkte Lavamasse aus der Tiefe des heißen Erdinnern eine Wärmezufuhr erhält, so entwickeln sich darin, wenn die oberen Gesteinsschichten schlechtere Wärmeleiter sind, Dämpfe unter hohem Druck. Die elastischen Dämpfe suchen zu entweichen, drücken die Lavamassen gegen die oberen Gesteinsschichten, verursachen Erdbeben und schließlich Bruchspalten, in denen die siedende Lava emporsteigt. Erweitern sich die Spalten nach innen, so bildet die aufsteigende und nach dem Entweichen der Dämpfe sich verfestigende Lava Gesteinsgänge, die sich nach oben verengern und die Erdkruste verstärken; haben dagegen die Spalten ihre weitere Oeffnung nach oben gerichtet, so bleiben sie theilweise offen und gestatten als relativ schwache Stellen der Erdkruste leicht erneute Eruptionen. Je nach der Größe des zu überwindenden Widerstandes werden entweder nur Erdbeben oder Ausbrüche von Lava oder von elastischen Dämpfen und losen Auswurfsprodukten stattfinden. Auf Grund der obigen Theorie werden nun sämmtliche bei vulkanischen Eruptionen beobachtete Erscheinungen zu erklären versucht. Nach jeder Eruption tritt eine Periode der Ruhe ein, die Spalten sind mit Gesteinsmasse verstopft und erst nach einer neuen Ansammlung von Dämpfen wird entweder der alte Kanal wieder ausgeräumt oder es entsteht in der Nachbarschaft eine neue Ausbruchsöffnung. Um diese auf Spalten befindlichen Oeffnungen häufen sich während der Eruptionen auf dem Festland die Auswurfsprodukte als kreisförmige oder elliptische Kegelberge mit einem Gipfel- oder Seitenkrater an. Die Form der Kegelberge wird durch vielerlei

Ursachen, wie Unebenheit des Bodens, heftige Winde während der Eruption, Hindernisse, welche der aufsteigenden Lava entgegenstehen u. dgl. bedingt. In der Struktur der Aufschüttungskegel macht sich namentlich bei wechselnder Zusammensetzung aus losen Produkten und compacten Lavaströmen eine deutliche Schichtung bemerkbar und zwar fallen die Schichten mehr oder weniger steil vom Rande des Kraters nach dem Fuß des Kegelberges ab. Von der Zusammensetzung, dem Korn und der Temperatur der Laven hängt ihre Flüssigkeit ab und je nach dieser und nach den äußeren Verhältnissen werden sie nach ihrer Erstarrung entweder Schichten, Ströme, Hügel oder domförmige Kegel bilden. Die Verfestigung der Lava erfolgt durch Abkühlung und Entweichen der elastischen Dämpfe; letzterer Umstand verursacht die blasige Struktur. Bei sehr feinkörnigen und leichten Laven erfolgt die äußere Erstarrung rasch, und es entstehen blasige Schlacken oder Bimsstein; feinkörnige Magmen mit hohem specifischen Gewicht liefern leichtflüssige, an der Oberfläche glasig erstarrende Laven; grobes Korn und beträchtliche Schwere bedingt Zähflüssigkeit und blasige, löcherige Struktur, während in einem leichten, grobkörnigen Magma die Wasserdämpfe sich theilweise condensieren und alsdann zu leichtflüssigen, sehr fein porösen oder krystallinischen Gesteinen (Trachyt, Syenit, Granit) erstarren. Während des Erkaltens der Lava bilden die entweichenden Gase allerlei Mineralien, veranlassen Solfataren, sammeln sich zu heißen Quellen oder entweichen in Form von Gasexhalationen. Folge der Zusammenziehung während der Abkühlung sind die säulenförmige kugelige, plattige, schieferige, cubische oder rhomboidale Struktur. Da ein und derselbe Vulkan nicht selten basaltische und trachytische Laven liefert, so erscheint es Scrope wahrscheinlich, daß alle Produkte eines Vulkanes aus derselben unterirdischen Masse hervorgehen und ihre specifische Verschiedenheit erst durch die Art ihrer Erwärmung und der während des Aufsteigens erfolgenden chemischen Processe erlangen. Die von Humboldt, v. Buch und Beudant behauptete Altersverschiedenheit der basaltischen und trachytischen Gesteine ist nach Poulett-Scrope unhaltbar. Größere vulkanische Berge verdanken offenbar wiederholten Eruptionen ihre Entstehung und Form; die anfänglichen Aufschüttungskegel werden durch spätere Ausbrüche von Spalten zerrissen, in diese drängen sich Lavaströme, brechen auf den Seiten aus und verfestigen als Gänge und Oberflächenströme den vulkanischen Berg. Im Gipfelkrater entweichen meist nur Dämpfe und die von diesen ausgeschleuderten

losen Trümmer. Auf den seitlichen Ausbruchsstellen erheben sich kleine parasitische Nebenkegel. Sehr weite und tiefe Krater entstehen bei heftigen Paroxismen eines Vulkans; durch darauffolgende Eruptionen können sich im Innern solcher Krater neue Aufschüttungskegel bilden, die alsdann von dem Ringwall des alten Kraters umgeben sind. Nicht selten werden solche Ringwälle durch spätere Eruptionen theilweise zerstört (Somma). Als Explosionskrater betrachtet P.=Scrope auch die Maare und Kraterseen in vulkanischen Distrikten. Die Existenz von Erhebungskratern wird auf das bestimmteste bestritten und ebenso läßt P.=Scrope die domförmigen Trachytberge durch successive Ausbrüche zähflüssiger Lavaströme, nicht aber durch blasenartiges Aufsteigen homogener Massen entstehen. Den vulkanischen Eruptionen auf dem Festland stehen die submarinen keineswegs grundsätzlich gegenüber, denn auch dort bilden die Auswurfsprodukte Aufschüttungskegel, die aus mantelförmig abfallenden, jedoch in Folge der weiteren Vertheilung des Materials durch Wasser schwächer geneigten Schichten und zwar vorherrschend aus Tuffen aufgebaut sind, die zuweilen organische Ueberreste enthalten und sich durch starke chemische Zersetzung auszeichnen. Einige der submarinen Vulkane gelangen durch allmähliche Anhäufung der Aufschüttungsmassen bis über den Wasserspiegel und werden alsdann Landvulkane, andere (z. B. Isle de France, Teneriffa, Palma, die Koralleninseln im pacifischen Ozean u. a.) mögen nach Poulett=Scrope durch Hebung und Anschwellung des Bodens in Folge der unterirdischen Hitze ihre jetzige Höhe erlangt haben. Der Unterschied zwischen den L. v. Buch'schen Erhebungskratern und den gehobenen Inseln Scrope's besteht hauptsächlich darin, daß die ersteren unabhängig von vulkanischer Einwirkung und ohne Eruptionserscheinungen lediglich durch blasenartige Erhebung ihre charakteristische Gestalt und ihren Krater erhalten haben sollen, während nach Poulett=Scrope die gehobenen submarinen Vulkane stets ursprüngliche Aufschüttungskegel waren und als Ganzes nachträglich erhöht wurden. Damit fällt natürlich auch der Unterschied von Centralvulkanen und Reihenvulkanen. Nach Poulett=Scrope stehen alle Vulkane auf Spalten: einige Eruptionsöffnungen sind dauernd verstopft (erloschen), andere stehen noch mit dem heißen Erdinnern in Verbindung und liefern bei periodisch wiederkehrenden Eruptionen Auswurfsprodukte. Diese Schlote spielen die Rolle von Sicherheitsventilen und schützen ihre Umgebung gegen Erdbeben. Im Allgemeinen steht jedoch die Häufigkeit der

Massenerhebung ausgedehnter Theile der Erdkruste in umgekehrtem Verhältniß zur Häufigkeit der Vulkane; auch werden die lokalen Hebungen auf Vulkanspalten stets geringere Bedeutung haben als die Massenerhebungen, denen die Continente und Gebirge ihre Entstehung verdanken. Der expansiven und hebenden Wirkung der unterirdischen Hitze schreibt Poulett-Scrope auch die Faltung, Aufrichtung, Zerreißung der Erdkruste zu und sucht schließlich eine Erdtheorie zu begründen, die sich jedoch nicht wesentlich über ältere Versuche dieser Art erhebt.

Poulett-Scrope's Hauptverdienst besteht in der überzeugenden Weise, wie er die Entstehung und die Zusammensetzung der Vulkane erklärt, in der Widerlegung der Erhebungskrater und in der Annahme eines mit Wasser durchtränkten unterirdischen Gesteinsmagmas, das durch die innere Erdwärme erhitzt wird und durch die Expansivkraft der entstehenden Dämpfe an die Oberfläche gelangt.

Charles Lyell vertritt in der ersten Ausgabe seiner Principles (1830) ganz ähnliche Anschauungen wie Poulett-Scrope. Seine Erfahrungen in der Auvergne, am Vesuv und Aetna hatten ihn von der Unhaltbarkeit der „Erhebungskrater" überzeugt. Er macht den treffenden Einwurf, daß kein einziger der von Leop. v. Buch genannten Erhebungskrater lediglich aus marinen oder limnischen Sedimentgesteinen zusammengesetzt sei und erklärt die gewaltigen Calderen von Palma, Gran Canaria, Bourbon u. s. w. für Explosionskrater und die Ringwälle der Somma, des Pic von Teneriffa, des Aetna u. s. w. für Ueberreste älterer Kraterränder. Lyell hält, wie P.-Scrope, alle vulkanischen Berge für Aufschüttungskegel und schließt sich auch bezüglich der Erklärung der vulkanischen Erscheinungen seinem Landsmann an, nur läßt er das zur Entwickelung von Wasserdämpfen erforderliche Wasser von oben, durch Spalten in die Tiefe dringen und glaubt, daß die Nachbarschaft von Vulkanen und Meer für einen directen Einfluß des Meerwassers auf das unterirdische Magma spreche.

Weniger reich an originellen Gedanken, jedoch als fleißige Compilation höchst schätzbar, ist das Werk des Oxforder Chemikers Charles Daubeny über die thätigen und erloschenen Vulkane.[9]) Mit großer Sorgfalt und weit zuverlässiger als in dem älteren Compendium des Abbé Ordinaire (1802) findet man hier alles, was bis dahin über Vulkane bekannt war, zusammengestellt. Besonders ausführlich sind die europäischen Vulkane behandelt, die Daubeny zum großen Theil

aus eigener Anschauung kannte und über welche er auch viele werthvolle eigene Beobachtungen mittheilt. Dauben y ist in Mineralogie und Chemie weit besser bewandert als Poulett-Scrope und Lyell. Seine Bemerkungen über die mineralogische Beschaffenheit und die Entstehung der verschiedenen Laven haben darum auch größeren Anspruch auf Beachtung. Im theoretischen Abschnitt schließt sich Daubeny bezüglich der Erhebungskrater an v. Buch an und bekämpft verschiedene Anschauungen Poulett-Scrope's, namentlich die ausschließliche Verwerthung von Wasserdämpfen als Ursache des Vulkanismus, sowie die kryptokrystallinische Beschaffenheit des glühenden Lavenmagmas. Daubeny ist geneigt, chemischen Processen zur Erzeugung der vulkanischen Hitze eine gewisse Bedeutung zuzugestehen und stützt sich hierbei auf Humphry-Davy, welcher 1827 in einem Aufsehen erregenden Vortrag die vulkanischen Erscheinungen durch Umwandlung der im Erdinnern vorhandenen Alkalimetalle in Folge von eindringendem Wasser zu erklären versucht hatte.

Friedrich Hoffmann's eingehende Studien in den Vulkangebieten der Umgebung von Rom und Neapel, am Vesuv, Aetna und den liparischen Inseln, sind von dem geistvollen Verfasser nur zum kleinen Theil selbst veröffentlicht worden. In der Form eines Sendschreibens[10]) an Leop. v. Buch liefert er 1832 die beste, bis jetzt vorhandene Beschreibung der liparischen Inseln und in einem späteren Aufsatz[11]) vergleicht er die vulkanischen Erscheinungen und Bildungen von Neapel und Sicilien mit denen der liparischen Inseln. Alle übrigen vulkanischen Untersuchungen Hoffmann's finden sich in den von Dechen nach dem Tode des Verfassers herausgegebenen „Geognostischen Beobachtungen gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien“[12]) und hier bemerkt er, daß sich die Erhebungskrater in ihrer Struktur nicht von den Eruptions-Vulkanen unterscheiden und daß die ganze Differenz zwischen beiden lediglich in den Dimensionsverhältnissen beruhe, die übrigens auch durch heftige Explosionen erklärt werden könnten. Fr. Hoffmann's Vorlesungen über Erdbeben und Vulkane zeichnen sich durch klare und präcise Darstellung und vollkommene Beherrschung des Stoffes aus. Theoretische Speculationen über die Ursachen des Vulkanismus sind vermieden, die thatsächlichen Erscheinungen aber um so eingehender behandelt. Hoffmann steht im wesentlichen auf dem von Al. v. Humboldt und L. v. Buch geschaffenen Boden und legt darum dem Zusammenhang der Erdbeben

und Vulkane ganz besonderes Gewicht bei. Die specielle Betrachtung der Vulkane wird eingeleitet durch die Geschichte der Insel Ferdinandea zwischen Pantellaria und Sciacca, deren Auftauchen aus dem Meere Hoffmann im Jahre 1831 mit erlebt hatte. An diese schließt sich die Beschreibung der in historischer Zeit entstandenen Vulkane Methana, Santorin, Monte Nuovo und Jorullo an. Es folgt sodann eine Darstellung der vulkanischen Phänomene im Zustand der Ruhe und der Aufregung und schließlich eine vortreffliche mineralogisch-petrographische Beschreibung der festen Auswurfsprodukte und der Laven. Aus der Schilderung der vulkanischen Phänomene geht hervor, daß Hoffmann jetzt vollständig der Aufschüttungstheorie huldigt. Die Erhebungskrater werden — bezeichnend genug — mit keinem Wort erwähnt. Der Verkehr mit Constant Prévost am Vesuv und in den phlegräischen Feldern hatten Fr. Hoffmann nach langem Zögern bekehrt und in einem Brief an die Société géologique im Jahre 1832 zog er seine früheren Bemerkungen über die Entstehung des Aetna zurück.

In den folgenden Jahren erhebt sich nun ein Kampf um die Erhebungskrater, der fast mit ebenso großer Lebhaftigkeit geführt wurde, als jener um die Entstehung des Basaltes. In Frankreich sammelte C. Prévost die Gegner der L. v. Buch'schen Theorie um sich und focht den Streit bis an sein Lebensende mit zäher Energie durch. Die französische Regierung hatte ihn im August 1831 nach Pantellaria geschickt, um die neuentstandene Insel Ferdinandea oder Julia, wie sie von der französischen Expedition genannt wurde, zu studieren. Er gehörte zu den wenigen Begünstigten, welche die nur 3 Monate lang existierende Insel betreten und genaue Skizzen derselben aufnehmen durften. Nach Erledigung seiner Mission bereiste C. Prévost Sicilien, bestieg den Aetna, besuchte die liparischen Inseln und traf schließlich in Neapel mit Fr. Hoffmann und Escher v. d. Linth zusammen. Gemeinsame Excursionen nach dem Vesuv und den phlegräischen Feldern schlossen die denkwürdige Reise ab, über welche Prévost mehrere Berichte an die Akademie der Wissenschaften und an die Société géologique[13]) schickte. In Paris hatte mittlerweile Elie de Beaumont (1829 und 1830) in verschiedenen Abhandlungen die Theorie der Erhebungskrater besprochen und vertheidigt. Als darum Prévost in seinem Bericht an die Akademie schüchterne Zweifel über die Anwendbarkeit der Buch'schen Theorie auf die Insel Julia aussprach und in seinem zweiten Bericht im September 1832 die Existenz von

Erhebungskratern in den von ihm besuchten vulkanischen Gebieten überhaupt bestritt, erregte er das Mißfallen der maßgebenden Mitglieder der Akademie, und nur der alte Cordier, welcher die Canarischen Inseln gesehen hatte, stellte sich auf seine Seite. Einen anderen werthvollen Bundesgenossen erhielt Prévost im Dezember 1832 in Virlet[14]), welcher nachwies, daß die bis dahin zu den Erhebungskratern gerechnete Inselgruppe von Santorin, lediglich durch vulkanische Aufschüttung entstanden sei. In einer späteren Mittheilung[15]) erkennt Virlet zwar lineare und kreisförmige Bodenerhebungen an, hält aber alle vulkanischen Berge für Aufschüttungskegel und spricht namentlich den Barrancos jede Beweiskraft zu Gunsten der Erhebungskrater ab. Elie de Beaumont und Dufrenoy antworteten 1833 in einer Abhandlung über den Mont d'or und Cantal[16]), worin sie zu beweisen suchen, daß die ursprünglich horizontalen Ströme von Basalt und Trachyt, welche wegen ihrer Leichtflüssigkeit höchstens bei einer Neigung von 3° erstarren konnten, nachträglich durch eine centrale Hebung in ihre jetzige Lage gebracht worden seien. Das Interesse an dieser Streitfrage veranlaßte die Société géologique, ihre außerordentliche Versammlung im Jahre 1833 in Clermont abzuhalten. Elie de Beaumont und Dufrenoy blieben leider fern. Prévost führte das Wort und vertrat gegenüber Lecocq die Ansicht, sämmtliche Vulkane der Auvergne seien durch successive Aufschüttung entstanden. Die Debatten wurden in Paris fortgesetzt. Auf Prévost's Seite standen der Veteran Graf Montlosier, ferner Cordier, Boubée und Boblaye, für die Erhebungskrater ergriffen Elie de Beaumont, Dufrenoy, Burat und Fournet das Wort.

Leopold v. Buch, gereizt durch die Angriffe auf seine Lieblingstheorie, hatte im Herbst 1834 mit Link, Elie de Beaumont und Dufrenoy eine abermalige Reise nach Italien unternommen und neue Beweise für die Erhebungskrater gesammelt. Schroffer als je hält er an seiner Meinung fest.[17]) „Erhebungskrater sind Reste einer großen Kraftäußerung aus dem Erdinnern, die ganze Quadratmeilen große Inseln auf ansehnliche Höhe erheben kann. Von ihnen gehen keine Eruptionserscheinungen aus; es ist durch sie kein Verbindungskanal mit dem Erdinnern eröffnet, und nur selten findet man noch in der Nachbarschaft oder im Innern eines solchen Kraters Spuren von noch wirkender vulkanischer Thätigkeit.“ — — „Unsere Reise hat

uns den vollständigen Beweis in die Hände geliefert, daß niemals ein vulkanischer Kegel durch aufbauende Lavaströme hervorgebracht werden kann, daß seine Höhe sich allein durch plötzliches Erheben fester Massen vermehrt, und daß der ganze Kegel selbst, der Aetna wie der Vesuv, Volcano wie Stromboli, ihre erste Erhebung durch plötzliches Hervortreten über die Fläche erhalten haben."

Das Hauptargument gegen den allmählichen Aufbau der Vulkanberge liefert wieder die starke Neigung der Lavaströme, die für eine spätere Hebung Zeugniß ablegen soll. Eine weitere wichtige Thatsache erblickt v. Buch in den von Pilla entdeckten marinen Versteinerungen in dem Tuff der Nachbarschaft des Vesuvs. Dieses ursprünglich im Meer gebildete Gestein wurde durch den aufsteigenden Monte Somma gehoben. Uebrigens ist es nach v. Buch nicht unerläßlich, daß Erhebungskrater immer aus dem Meere aufsteigen, auch auf dem Festlande gibt es solche Bildungen, wie z. B. der Laacher See, der Mont d'or und der Cantal.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Elie de Beaumont durch die Untersuchung des Aetna[18]) und Dufrenoy[19]) durch das eingehende Studium der Umgebung von Neapel. E. de Beaumont hatte den Neigungswinkel zahlreicher Lavaströme am Aetna genau gemessen und daraus die Unmöglichkeit ihrer Erstarrung an Ort und Stelle gefolgert. Er schreibt der aufschüttenden Thätigkeit der Vulkane allerdings eine größere Bedeutung bei als L. v. Buch, hält aber immerhin Hebung für die wichtigste Ursache der Vulkanbildung und denkt sich darum den Aetna plötzlich und auf einen Ruck als Berg entstanden. Nicht zu unterschätzende Thatsachen zu Gunsten der Erhebungskrater äußert auch Abich*) in seinen schönen Publicationen

---

*) Wilhelm Hermann Abich, geboren 1806 in Berlin, studierte in seiner Vaterstadt Naturwissenschaften und wandte sich, angeregt durch Leop. v. Buch und Fr. Hoffmann, mit besonderer Vorliebe dem Studium der Vulkane zu. Eine längere Reise in Süditalien (1833 und 1834) lieferte das Material zu seinen Publicationen über den Vesuv, Aetna und die unter- und mittelitalienischen Vulkane und verschaffte ihm 1842 einen Ruf als Professor der Mineralogie in Dorpat. Hier begann er sofort im Auftrag der russischen Regierung seine langjährigen, grundlegenden Untersuchungen über die Geologie und die Vulkane im Kaukasus, im armenischen Hochland und im nördlichen Persien. Er wurde 1853 zum Akademiker in St. Petersburg ernannt; zog 1877 nach Wien, woselbst er die letzten umfangreichen Publicationen über seine Forschungen in den kaukasischen Ländern ausarbeitete; starb 1886 in Graz.

über den Vesuv, Aetna und die liparischen Inseln.[20]) Auch Sainte-Claire-Deville, welcher im Auftrag der französischen Akademie die Erscheinungen der Vesuveruption im Jahre 1855 studierte, betrachtete die Somma als typischen Erhebungskrater.

Die Lehre von den Erhebungskratern galt nunmehr für sicher begründet. Sie fand Eingang in die maßgebenden Lehrbücher und in die monographischen Darstellungen der Vulkane von Daubeny und Landgrebe[21]) und wurde durch den vierten Theil von Humboldt's Kosmos den weitesten Kreisen geläufig. Dieser Autoritätserfolg entmuthigt die drei hervorragendsten Gegner der Erhebungskrater nicht im mindesten. Constant Prévost bekämpfte im Schooße der französischen Akademie beharrlich die Anschauungen Elie de Beaumont's; Lyell hatte 1854 Madeira und die Canarischen Inseln bereist, am Aetna[22]) und Vesuv wiederholt eingehende Studien gemacht und konnte somit aus eigener Anschauung die von Elie de Beaumont und Leop. v. Buch geltend gemachten Angaben über die Erstarrungsfähigkeit stark geneigter Lavaströme berichtigen. Mit durchschlagenden Gründen widerlegte vor Allem Poulett-Scrope die Theorie der Erhebungskrater. Er war in der glücklichen Lage, nach 30 Jahren fast alle seine früheren Ansichten aufrecht erhalten zu können und die meisterhafte Weise, womit in zwei Abhandlungen[23]) die Entstehung der vulkanischen Berge dargelegt und die Theorie der Erhebungskrater bekämpft wird, kann geradezu als Muster einer sachlichen und überzeugenden Polemik bezeichnet werden.

Nachdem sich auch in Deutschland 1862 Georg Hartung[24]) auf Grund seiner Erfahrungen in Madeira, den Canaren und Azoren mit aller Entschiedenheit gegen die Erhebungskrater ausgesprochen und die jetzige Gestalt der großen Calderen in Palma und Gran Canaria durch Erosion erklärt hatte; nachdem ferner die Untersuchungen Dana's[25]) auf den Sandwichinseln und die trefflichen Beschreibungen Junghuhn's[26]) der javanischen Vulkane nur Belege für die Entstehung der Vulkane durch allmähliche Aufschüttung geliefert hatten, und nachdem Fouqué im Jahre 1866 zur Ueberzeugung gelangte, daß sich auch auf die Santorininseln im griechischen Archipel die v. Buch'sche Theorie nicht anwenden lasse, war eine geistreiche Hypothese, welche mehrere Jahrzehnte hindurch die Geologie beherrscht hatte, beseitigt. Die meisten älteren Autoren begnügten sich in der Regel mit der Eintheilung in thätige und

erloschene Vulkane, jedoch im vollen Bewußtsein, daß es sich dabei um eine künstliche Scheidung handle, da ja erfahrungsgemäß erloschene Vulkane plötzlich in die Reihe der thätigen eintreten können und andererseits noch in historischer Zeit active Feuerberge seit Jahrhunderten jede Thätigkeit eingestellt haben. Die von Leop. v. Buch und Al. v. Humboldt angestrebte Eintheilung in Eruptionsvulkane und Erhebungskrater war mißglückt. Im Jahre 1866 schlug K. v. Seebach[27]) eine neue Classification vor, indem er den mit Krater versehenen, aus Schichten von losen Auswurfsprodukten und Laven bestehenden Stratovulkanen die durch Massenausbrüche entstandenen, entweder decken- oder domförmigen „homogenen Vulkane" gegenüberstellte, bei denen Krater und lose Auswurfsprodukte fehlen. Die homogenen Vulkane sind aus strengflüssigen, dem Erstarrungspunkt nahen, die Stratovulkane aus leichter flüssigen, sehr stark mit Dämpfen und Gasen imprägnierten Laven entstanden. Diese Eintheilung in geschichtete und homogene Vulkane ist seitdem in die meisten Lehrbücher übergegangen und später von A. Geikie und E. Reyer weiter begründet worden.

Aus der reichen descriptiven Literatur, welche sich hauptsächlich mit der Configuration, Zusammensetzung, geographischen Verbreitung, den Eruptionserscheinungen und der Geschichte der Vulkane befaßt, mögen nur die wichtigsten Publicationen hier Erwähnung finden. Schon Humboldt hatte eine Uebersicht aller bekannten thätigen und erloschenen Vulkane veröffentlicht, die später durch v. Hoff, Daubeny, Poulett-Scrope, C. F. Naumann, Landgrebe u. A. vervollständigt wurde. Hoff's classisches Werk über die in historischer Zeit eingetretenen geologischen Veränderungen enthält eine durch A. Berghaus ergänzte, bis zum Jahre 1840 reichende Chronik der vulkanischen Begebenheiten. Vom Jahre 1865 bis 1885 veröffentlichte C. W. C. Fuchs im Neuen Jahrbuch für Mineralogie regelmäßige Jahresberichte über die vulkanischen Ereignisse.

Der meist besuchte und bestbekannte Vulkan der Welt ist der Vesuv. Abgesehen von den bereits erwähnten Untersuchungen von L. v. Buch, Pilla, Poulett-Scrope, Lyell, Daubeny, Abich und Dufrenoy erregte 1822 eine Abhandlung von Necker de Saussure über den Monte Somma einiges Aufsehen. T. Monticelli beschäftigte sich vom Jahre 1815 bis 1845 mit dem Vesuv und dessen Produkten und vom Jahre 1855 bis 1892 veröffentlichte

L. Palmieri regelmäßige Berichte über die im Observatorium dieses Berges gemachten Beobachtungen. Angelo Scacchi und Gerhard vom Rath untersuchten die Vesuvianischen Mineralien, C. W. C. Fuchs und J. Roth die Laven, Heim[28]) und J. Schmidt die Eruptionsphänomene. Eine erschöpfende Monographie des viel beschriebenen Feuerbergs verdankt man J. Roth[29]). In neuester Zeit wird der Vesuv unablässig von Johnston-Lavis[30]) und Matteucci beobachtet. Unter den Vulkanen in der Nachbarschaft von Neapel wurde die Insel Ischia von C. W. C. Fuchs[31]) und Mercalli[32]), die pontinischen Inseln von C. Doelter[33]) monographisch behandelt. Eine fast ebenso umfangreiche Literatur wie über den Vesuv existiert über den Aetna. Neben den beiden Localgeologen Carlo Gemmellaro und Orazio Silvestri, wovon der Erstere von 1823 bis 1865, der Letztere von 1866 an fortlaufende Berichte veröffentlichte, verdienen zunächst die wichtigen Untersuchungen von Ch. Lyell, Poulett-Scrope, Fr. Hoffmann, Elie de Beaumont, L. v. Buch und Abich genannt zu werden. Durch scrupulöse Genauigkeit und erschöpfende Vollständigkeit zeichnen sich die Werke des Göttinger Professors Sartorius v. Waltershausen*) aus.[34]) Im Jahre 1861 erschien die letzte Lieferung seines topographischen Atlas des Aetna nebst einer Karte im Maßstab von 1 : 50 000 und 1880 veröffentlichte A. v. Lasaulx die hinterlassenen Manuscripte dieses ungemein fleißigen und gewissenhaften Forschers. Der erste Band enthält Berichte über die zahlreichen Reisen des Verfassers nach Sicilien in den Jahren 1835 bis 1869 sowie die Geschichte der Eruptionen des Aetna. Im zweiten Band sucht Sartorius nach einer topographisch-geologischen Beschreibung des Aetna den Nach-

*) Sartorius v. Waltershausen Wolfgang Freiherr, Sohn des Göttinger Professors Georg v. Waltershausen, geboren am 17. Dezember 1809 zu Göttingen, studierte daselbst Naturwissenschaften. Nach Vollendung seiner Studien bereiste er Italien, Sicilien, Irland, Schottland und Island und widmete den dortigen Vulkanen und vulkanischen Gesteinen seine besondere Aufmerksamkeit. Anfänglich als Privatgelehrter thätig, wurde er später ordentlicher Professor der Mineralogie und Geologie in Göttingen, woselbst er am 16. October 1876 starb. Seine Hauptarbeiten beziehen sich auf die Mineralien, Gesteine und Vulkane von Island und Sicilien. Namentlich der Aetna bildete das Ziel zahlreicher Reisen des gewissenhaften Forschers. Seine vorzügliche Karte dieses Vulkans nebst der erst nach seinem Tode von A. v. Lasaulx herausgegebenen Beschreibung gelten noch immer für das Fundamentalwerk über den Aetna.

weis zu liefern, daß dieser Vulkan seine Thätigkeit erst in der Diluvialzeit und zwar auf dem Festland begann, während Pilla 1845 dem Aetna mindestens ein pliocänes Alter zuschreibt. Die vulkanischen Eruptionen concentrierten sich auf einer von SSO. nach NNW. verlaufenden Spalte und lieferten zuerst Grünstein, später Phonolith (nach Lasaulx Augit-Andesit) und zuletzt Dolerit-Laven. Das nach Osten offene Val del Bove wird im Gegensatz zu Lyell und in Uebereinstimmung mit Gemmellaro als Einbruchsthal gedeutet und mit dem Somma- und Santorinkessel verglichen. Karten und Ansichten des Aetna wurden 1874 von Baltzer, 1892 von Chaix (Genf) herausgegeben. Die schon von Spallanzani, Dolomieu und später von Fr. Hoffmann und Abich vortrefflich beschriebenen liparischen Inseln wurden in neuerer Zeit von Sainte-Claire-Deville, Silvestri, Mercalli, Borneman, Judd, Johnston-Lavis, A. Bergeat u. A. besucht und im Auftrag der italienischen geologischen Landesanstalt von E. Cortese und V. Sabatini[35]) aufgenommen und kartiert. Schon Fr. Hoffmann hatte 1832 gezeigt, daß südlich vom Stromboli eine Reihe ringförmig angeordneter Inseln und Klippen (Panaria, Basiluzzo, Lisca Bianca, Panarella u. a.) liegen, deren Bau von jenem der übrigen Inseln abweicht und welche wahrscheinlich die Trümmer eines ehemaligen gewaltigen Kraters darstellen. Judd[36]) hat diese Beobachtung bestätigt und sich der Hoffmann'schen Ansicht angeschlossen, daß sich die eigentlichen Ausbruchsstellen der Liparen auf drei radialen Spalten befinden. Sueß[37]) nimmt für die äolischen Inseln ein schüsselförmig vertieftes Senkungsfeld an, in welchem sich convergierende Radialspalten kreuzen. Ueber die erloschenen Vulkane der römischen Campagna liegen außer den bereits erwähnten grundlegenden Arbeiten von Breislack, Leop. v. Buch, Brocchi und Fr. Hoffmann eine Reihe von Abhandlungen vor, unter denen nur die von Abich[38]), Ponzi, Murchison, G. vom Rath[39]), Zezi[40]) und W. Branco[41]) genannt werden sollen.

Neben Vesuv, Aetna und den liparischen Inseln dürfte unter den thätigen Vulkanen Europas die Gruppe der Santorininseln am genauesten bekannt sein. Der prachtvoll ausgestatteten Monographie Fouqué's[42]) waren Arbeiten von J. Schmidt[43]), K. v. Fritsch, Reiß und Stübel[44]) und v. Seebach[45]) vorausgegangen, die, begleitet von Karten, Durchschnitten und Tafeln ein vollständiges Bild

von der Oberflächengestalt, dem geologischen Aufbau, der Entstehung und Geschichte dieser Inseln gewähren. Sämmtliche neuere Autoren stimmen darin überein, daß die Theorie der Erhebungskrater für Santorin nicht in Betracht kommen kann. Ein Ausflug nach Aegina und Methana im Jahre 1866 verschaffte Reiß und Stübel Gelegenheit, auch diese Vulkane kennen zu lernen.

Die Vulkane von Island, über welche das Reisewerk von Mackenzie (1811) bereits eingehende Berichte enthält, wurden im Jahre 1825 durch Krug von Nidda[46]) und noch ausführlicher durch Eugène Robert[47]) geschildert. Im Jahre 1846 begaben sich Robert v. Bunsen und Descloizeaux nach Island und im Anschluß an diese Reise veröffentlichte Bunsen[48]) seine berühmte Abhandlung über die chemische Zusammensetzung und Entstehung der vulkanischen Gesteine Islands und die Processe der vulkanischen Gesteinsbildung überhaupt. Von deutschen Geologen besuchten später Sartorius v. Waltershausen[49]), F. Zirkel[50]) und G. Winkler[51]) die nordische Vulkaninsel. Während aber die beiden ersteren plutonistischen Ansichten huldigten, suchte der Münchner G. Winkler die ausgedehnten Basaltmassen auf neptunistischem Wege zu erklären. Die erste geologische Karte von Island wurde 1867 von Paijkull veröffentlicht. In neuester Zeit haben Amund Helland[52]) aus Christiania, der isländische Landesgeologe Th. Thoroddsen[53]) und K. Keilhack[54]) wichtige Beiträge zur Kenntniß der dortigen Vulkane veröffentlicht.

Durch Al. v. Humboldt und L. v. Buch waren die canarischen Inseln ein classisches Gebiet für die Ausbildung des Vulkanismus und der Lehre von den Erhebungskratern geworden. Sie wurden darum auch später vielfach besucht und beschrieben. Die Monographie der Canaren von Webb und Berthelot (1836), sowie Vargas de Bedemar's Observaçoes geolog. al Ilhas de Madeira, Porto Santo e Açores (1837) enthalten mancherlei Neues über Topographie und Zusammensetzung der dortigen Vulkane. Ch. St.-Cl. Deville's geologische Untersuchungen von Teneriffa und Gozzo (1845) fußen auf der von Buch geschaffenen Grundlage; dagegen beginnt mit dem Besuche Lyell's im Jahre 1854 eine neue Aera für die Vulkankunde der canarischen Inseln und Madeira's. Die Erhebungstheorie wird beseitigt und die Entstehung dieser Inseln durch successive Aufschüttung erklärt. Die späteren Arbeiten der deutschen Geologen

Reiß[55]), Hartung und K. v. Fritsch[56]) folgen in den meisten principiellen Fragen den Anschauungen des großen britischen Forschers, beschäftigen sich aber auch in eingehenderer Weise mit der Petrographie und Mineralogie dieser Inseln. Ueber die Vulkane der Azoren veröffentlichte G. Hartung[57]) eine vortreffliche Monographie. Die vor 15 Jahren noch fast unbekannten Capverden wurden von Cornelius Dölter[58]) geologisch erschlossen und die Produkte der dortigen Vulkane mit den verfeinerten Methoden der modernen Petrographie untersucht und beschrieben.

Nicht geringeres Interesse als den thätigen Vulkanen wurde auch den erloschenen Vulkangebieten Europas entgegengebracht. So fanden die Euganeen bei Padua und die Monti Berici bei Vicenza in G. vom Rath[59]), Reyer[60]) und Sueß[61]) in neuerer Zeit Bearbeiter.

Die centralfranzösischen erloschenen Vulkane wurden nach Poulett-Scrope von Burat[62]), Elie de Beaumont und Dufrenoy[63]) Cordier, Rozet[64]) und in neuester Zeit von Lecoq[65]), M. Boule, Jullien[66]) und Lacroix eingehend studiert; jene in Catalonien durch Lyell weiteren Kreisen bekannt gemacht. Ueber die Vulkane der Eifel und des Siebengebirgs veröffentlichten Hibbert[67]) Nöggerath[68]), van der Wyk, v. Dechen[69]), Mitscherlich[70]), G. vom Rath, Zirkel, Vogelsang[71]), Dressel[72]), A. v. Lasaulx u. A. mehr oder weniger ausführliche Mittheilungen, Karten und petrographische Beschreibungen. Die vulkanischen Basalt- und Trachytkuppen des Westerwaldes wurden von Dechen[73]) und Angelbis beschrieben und kartiert und die Gesteine von Sommerlad, Emmons, Zickendrath u. A. untersucht. Im Vogelsgebirge befindet sich das ausgedehnteste, aber noch am wenigsten genau erforschte Basaltgebiet Deutschlands. Die vorhandenen geologischen Beobachtungen über diese Region rühren von A. v. Klipstein (1840), R. Ludwig, Dieffenbach, Tasche und Gutberlet (1855—1870), Knop (1865), Sommerlad (1884), Streng und Zöppritz her und beziehen sich auf das topographische Vorkommen und die Gesteinsbeschaffenheit der fraglichen Gebilde. Viel besucht und beschrieben sind die erloschenen Vulkane der Gegend von Cassel, im Habichtswald, Kaufunger Wald und Meißner. Schon 1790 erschien eine physikalisch-mineralogische bergmännische Beschreibung des Meißner von J. Schaub und 1817 eine geologische Karte dieses Berges von

Hundeshagen. Auch Fr. Hoffmann (1823), K. C. v. Leonhard[74]), Möhl und Hornstein beschäftigten sich eingehend mit den kurhessischen vulkanischen Gesteinen. In den Jahren 1876 und 1886 erschienen die von Fr. Moesta aufgenommenen und zum Theil von Beyschlag nach dem Tode des Verfassers redigierten geologischen Aufnahmsblätter des ganzen vulkanischen Gebietes in Kurhessen, wodurch diese Studien zu einem gewissen Abschluß gelangt sind.

Für die Geschichte des Neptunismus und Vulkanismus ist die Rhön mit ihren zahlreichen Phonolith- und Basaltkuppen ein bedeutungsvoller Boden. Hier bekämpfte Voigt zuerst (1783) seinen Lehrer Werner, indem er für den vulkanischen Ursprung des Basaltes eintrat. Später (1827) beschäftigten sich K. C. v. Leonhard[75]) und Gutberlet[76]) mit diesem Gebirge, von dem 1866 C. W. v. Gümbel[77]) die erste umfassende Beschreibung lieferte. Seitdem sind zahlreiche petrographische Abhandlungen von E. Hassencamp, Fr. Sandberger, Bücking, Proescholdt, Rinne, Lenk u. A. über die verschiedenen Gesteinstypen der Rhön veröffentlicht worden.

Die Basaltströme in der Gegend von Frankfurt und Hanau wurden schon von K. C. v. Leonhard beschrieben und sind neuerdings nebst den vereinzelten vulkanischen Kuppen im Odenwald theils von der hessischen geologischen Landesanstalt, theils von G. Leonhard und Cohen untersucht worden. In Franken brechen östlich von Bamberg Kuppen von Nephelinbasalt durch den weißen Jura, über deren Verbreitung und petrographische Beschaffenheit die Aufnahmen von Gümbel Aufschluß gewähren. Mit dem vulkanischen Einbruchkessel im Ries haben sich O. Fraas[78]), Deffner und C. W. Gümbel[79]) eingehend beschäftigt; über die Basalthügel und Tuffgänge der schwäbischen Alb berichten Quenstedt (1869), Deffner (1872), Zirkel (1870), Möhl (1874), A. Stelzner (1883) und neuerdings W. Branco[80]) in einem ausführlichen Werk, worin gezeigt wird, daß die meisten Tuffgänge mit ihren oberflächlichen kesselartigen Vertiefungen als Explosionsmaare zu deuten sind. In diesem Werk und in einer späteren Abhandlung wendet sich Branco gegen die Hypothese, daß alle Vulkane auf tektonischen Spalten stehen.

Im badischen Höhgau erheben sich stattliche Phonolith- und Basaltberge bis zu 966 Meter. Sie gehören großentheils zu den homogenen Vulkanen, sind aber stellenweise auch von mächtigen Tuff-

massen begleitet. Die Publicationen von J. Schill[81]), K. v. Fritsch[82]), O. Fraas[83]) und Schalch[84]) gewähren über die geologischen Verhältnisse dieser Vulkane Aufschluß, deren Gesteine von Bernath, A. Stelzner, Fr. Föhr und U. Grubemann untersucht wurden.

Das kleine, liebliche Vulkangebirge des Kaiserstuhls, das zwischen Schwarzwald und Vogesen mitten aus der Rheinebene hervorragt, hat schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen. Baron v. Dietrich erkannte 1774 zuerst seine vulkanische Natur. H. B. de Saussure (1794) und Selb (1823) bestätigten die Ansicht Dietrich's und 1829 veröffentlichte O. Eisenlohr[85]) die erste eingehende Monographie über den Kaiserstuhl, welcher später eine Reihe von Publicationen von J. Schill[86]), Fr. Nies[87]), H. Rosenbusch[88]), G. Steinmann und Graeff[89]) u. A. Knop[90]) folgten.

Die Untersuchung der in Thüringen, Sachsen und Schlesien vorkommenden Basaltkuppen, sowie der erloschenen Vulkane in Nord-Böhmen, Ungarn und Siebenbürgen hat vorwiegend petrographische Ergebnisse geliefert und auf die Anschauungen über Vulkanismus keinen nennenswerthen Einfluß ausgeübt. Nur der bereits von J. v. Born, Goethe, Ambr. Reuß beschriebene Kammerbühl bei Eger, über den neuerdings E. Proft[91]) eine Abhandlung veröffentlichte, verdient aus historischen Gründen erwähnt zu werden.

Die Erörterungen über die Gegend von Predazzo und die angrenzenden Theile des Fassathals und Schlerns füllen ein wichtiges Blatt in der Geschichte des Vulkanismus aus. Schon 1819 hatte Graf Marzari-Pencati[92]) darauf hingewiesen, daß unfern Predazzo an dem Wasserfall von Canzacoli, ächter Granit den Alpenkalk bedecke und diesen in Marmor umgewandelt habe. L. v. Buch[93]) bezweifelte 1821 die Lagerung des Granits über dem Kalkstein, gibt aber die Metamorphose desselben in Marmor zu. Dann folgten v. Buch's berühmte Abhandlungen über den Dolomit[94]) und über die geognostischen Erscheinungen im Fassathal[95]), worin er einerseits die Entstehung des Dolomits durch Einwirkung von Magnesiadämpfen auf Kalkstein während der Eruption von Augit-Porphyr zu erklären versucht, andererseits die Hebung der Alpen und der meisten Gebirge überhaupt Ausbrüchen von Augit-Porphyr zuschreiben zu dürfen glaubt. Kühne und grundfalsche Hypothesen, jedoch gestützt auf eine Fülle der genauesten mineralogischen, petrographischen und geologischen Beobachtungen! Seit L. v. Buch Südtirol für den Schlüssel zur

geognostischen Kenntniß der Alpen erklärt hatte, wurden Predazzo und das Fassathal wahre Wallfahrtsorte für die Geologen. Der triasische Granit und Monzon-Syenit mit ihren prachtvollen und mannigfaltigen Contactmineralien, die Gänge und stockförmigen Massen und Lager von Augit-Porphyr, Melaphyr und Liebenerit-Porphyr fanden stets erneute Beachtung. Im Jahre 1824 kamen Poulett-Scrope, Studer[96]) und Ami Boué nach Predazzo; 1843 veröffentlichte v. Klipstein seine Beobachtungen im Fassa- und Fleimserthal[97]), dann folgte der Norweger Th. Kjerulf (1855) mit einer genauen mineralogischen und chemischen Untersuchung des Monzon-Syenits. Ferd. v. Richthofen's[98]) prächtige Monographie der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seißer Alp bildet noch heute die beste Grundlage für die Geologie Südtirols. Er stellte zuerst die Reihenfolge der triasischen Eruptivgesteine in der Art fest, daß er basische Augitporphyre, Monzonit und Hypersthenit für die ältesten hält, denen sodann Ergüsse oder Spaltenausfüllungen von Turmalingranit, Melaphyr und Liebeneritporphyr folgen. B. v. Cotta[99]) veröffentlichte 1863 schöne Beobachtungen über das Eingreifen des Monzonsyenits in den Kalkstein, über Contactmineralien und über die Melaphyrgänge im Kalkstein und Dolomit. De Lapparent[100]) vertheilt die Eruptivgesteine des Fassathals und der Gegend von Predazzo in eine basische und eine saure Gruppe, ohne sich über die Eruptionsfolge bestimmter auszusprechen, dagegen schließt sich Doelter[101]) nach einer petrographischen Untersuchung der verschiedenen Eruptivgesteine im wesentlichen der von Richthofen begründeten Eruptionsreihenfolge an. Reyer[102]) dagegen meint, daß die Fixierung einer bestimmten Reihenfolge unthunlich sei, glaubt aber, daß zur Zeit des Muschelkalks zuerst Granit, dann Syenit zum Ausbruch kamen; auf diese folgten Monzonit, Porphyr und Andesite, im Allgemeinen wiederhole sich jedoch dieselbe Eruptivfacies in verschiedenen Perioden. Die Publicationen von Tschermak, Lemberg, Gerh. v. Rath u. A. beschäftigen sich lediglich mit dem petrographischen und chemischen Charakter der Eruptivgesteine im Fassathal. v. Mojsisovics[103]) bietet 1879 eine zusammenfassende geologische Darstellung des ganzen Gebietes und schließlich zeigt der Norweger Broegger[104]) in einer durch weite Gesichtspunkte und feine Beobachtung ausgezeichneten Abhandlung, daß Richthofen's „Melaphyre“ vom Mulat nicht jünger, sondern älter sind als der Turmalingranit, und daß überhaupt

die basischen Eruptionen von Augitporphyrit, Plagioklasporphyrit und Melaphyren im Fassathal der Hauptsache nach dem Granitergußz vorausgingen. Jünger als Granit sind nur einige ultrabasische Ganggesteine, welche den Granit bei Predazzo durchsetzen. Broegger kommt schließlich zu dem Ergebniß, daß Granit, Monzonit, Hypersthenit nur in der Tiefe erstarrte Aequivalente der triadischen Ergußgesteine sind. Allgemeinere Betrachtungen über die Entstehung von Tiefengesteinen, Laccolithen und Batholithen und die Erfahrungen über die Altersfolge der Eruptivgesteine im südlichen Norwegen führen Broegger zu der Ansicht, daß auch die Granitmassen bei Brixen, die Tonalite, Banatite und Adamellite der Riesenfernergruppe, der Cima d'Asta und des Adamello als triadische Tiefengesteine zu betrachten seien. Aehnliche Gedanken hatte übrigens Ed. Sueß schon zehn Jahre vorher in seinem großartigen Werk „Antlitz der Erde" ausgesprochen.

Nicht geringeres Interesse, als die südtiroler Alpen, bieten die bereits von Mac Culloch beschriebenen Vulkane der westlichen schottischen Inseln, weil sie bald als Stützen der neptunistischen, bald der plutonistischen Lehrmeinungen dienten und neuerdings die Grundlage des für die Geschichte der erloschenen Vulkane Epoche machenden Werkes von Archibald Geikie bilden. Ami Boué[105]) in seiner vortrefflichen geognostischen Skizze von Schottland unterscheidet sehr präcis Basaltströme und Gänge und beschreibt die verschiedenen vulkanischen Gesteine mit großer Genauigkeit. Obwohl Schüler von Jameson schließt er sich doch bezüglich der Entstehung des Basaltes, des Phonoliths, Trachyts, Porphyrs und des Granits der Huttonschen Partei an. Eine unentschiedene Stellung nimmt L. A. Necker, der Enkel des großen Saussure's, ein, dessen Voyage en Écosse et aux Iles Hébrides (1823) wenig Neues von Bedeutung enthält. Wichtiger sind die Beobachtungen von v. Oeynhausen und v. Dechen[106]) über die Geologie von Skye, Elgg und Arran. 1850 entdeckte der Herzog von Argyll zwischen Basaltströmen auf der Insel Mull sedimentäre Schichten mit Feuersteinknollen aus der Kreide und Dikotyledonen-Reste, deren tertiäres Alter durch Edw. Forbes bestimmt wurde; dennoch glaubte Edw. Forbes[107]) die Basaltausbrüche auf Skye in den mittleren Oolit versetzen zu müssen. 1861 begann Sir Archibald Geikie seine 35jährigen Studien über die älteren Vulkane Großbritanniens. Hatte er sich anfänglich für die Basaltströme auf Skye mit Edw. Forbes einverstanden erklärt,

so erkannte er doch bald diesen Irrthum und zeigte 1867, daß alle Basalteruptionen auf den westlichen schottischen und den Faröer Inseln, sowie in Island während der Tertiärzeit stattgefunden haben, daß die einzelnen Ausbrüche durch lange Zwischenperioden von einander geschieden sind, so daß sich Süßwasserablagerungen, Conglomerate, ja zuweilen sogar schwache Kohlenflötze bilden konnten. Die Ströme bedeckten ansehnliche Gebiete und erstarrten bald zu dichtem, bald zu sphäroidischem, bald zu säulenförmigem Basalt. Schon Forbes hatte die Meinung geäußert, daß es sich in Schottland nicht um submarine, sondern um subaërische Basalteruptionen handle und damit stimmt A. Geikie vollständig überein. Während Geikie noch mit seinen Untersuchungen im Felde beschäftigt war, veröffentlichte Professor Judd[108]) eine Abhandlung über die alten Vulkane der schottischen Hochlande, worin er zu zeigen versuchte, daß die vulkanischen Erscheinungen von 5 großen Centralvulkanen ausgingen, deren Ruinen noch jetzt zu constatieren seien. Judd nimmt drei Ausbruchsperioden an, von denen die älteste nur sauere Gesteine (Feldspathlaven und jüngeren Granit), die zweite Basalt und Basalttuff lieferten, während in der dritten lediglich sporadische Kegelberge von verschiedener Gesteinsbeschaffenheit gebildet wurden. Diese Ansichten bekämpfte Archib. Geikie in verschiedenen Abhandlungen, deren Inhalt 1897 im 2. Bande seines Werkes[109]) über die alten Vulkane Großbritanniens zusammengefaßt ist. Kein Basaltgebiet der Welt dürfte mit gleicher Genauigkeit geschildert sein, als das der westlichen Inseln Schottlands, woselbst Geikie nicht nur die successive Reihenfolge der verschiedenen Basaltergüsse, das Alter der verschiedenen Gesteinsgänge und Lager, die Einschaltung sedimentärer versteinerungsführender Schichten zwischen den Basaltströmen, sondern sogar an manchen Stellen noch Reste der alten Krater an der Oberfläche von älteren Basaltströmen nachzuweisen im Stande war. Durch Arch. Geikie ist das westliche Schottland ein typisches Gebiet für ältere homogene Vulkane geworden, an welches sich die von James Geikie (1880), Amund Helland (1881), Bréon (1884) und Lomas (1895) untersuchten Faröer-Inseln anschließen.

Geikie hat sich übrigens nicht auf die Untersuchung der schottischen Vulkane aus der Tertiärzeit beschränkt. Der erste Band seines wichtigen Werkes behandelt die älteren vulkanischen Gebilde und Erscheinungen Großbritanniens von der präcambrischen bis zum Schluß

der permischen Periode. Eine grundsätzliche Verschiedenheit zwischen alten und modernen Vulkanen bestreitet Geikie durchaus und aus diesem Gesichtspunkt werden alle Massenergüsse, Decken, Gänge, homogene Puys und Kegelberge beurtheilt. Während aber die Erscheinungen vergangener Perioden durch Erfahrungen der Jetztzeit beleuchtet werden, werfen andererseits die submarinen Tuffe und Gesteinsausbrüche der paläozoischen Aera wiederum Licht auf jene Phänomene der Gegenwart, die sich der directen Beobachtung entziehen. Beispiele von typischen Stratovulkanen aus der Silur- und Devonzeit werden aus Wales und Schottland geschildert; großartige Spaltenausbrüche nach Art der in Island noch in historischer Zeit stattgefundenen Eruptionen charakterisieren die schottische Carbonzeit, während in England zu gleicher Zeit eine große Anzahl zerstreuter homogener Puys oder Tuffkegel entstanden. In der mesozoischen Periode befand sich Großbritannien in einer Periode fast vollkommener vulkanischer Unthätigkeit. Für das Verständniß der urweltlichen Vulkane wird das Geikie'sche Werk wohl stets einen Grundpfeiler bilden.

Geht man zu den außereuropäischen Vulkangebieten über, so sind zunächst die von dem deutschen Geologen Abich[110]) beschriebenen thätigen und erloschenen Vulkane des armenischen Hochlandes, namentlich der Ararat und Tandurek, zu erwähnen. Ueber den persischen Vulkan Demavend berichten Grewingk (1853), Kotschy (1859) und neuerdings E. Tietze[111]); die kleinasiatischen erloschenen Vulkane sind in den Reisewerken von W. J. Hamilton (1843), Spratt und Forbes (1847), Kotschy (1858) und namentlich in der ausführlichen physikalischen und geologischen Beschreibung Kleinasiens von P. de Tschihatcheff (1867) geschildert. Die moabitischen Vulkane in der Umgebung des todten Meeres wurden schon 1837 und 1838 von Russegger studiert und durch O. Fraas, L. Lartet[112]), Blanckenhorn und Diener[113]) eingehender beschrieben.

Im eigentlichen Asien concentriert sich die vulkanische Thätigkeit gegenwärtig auf die vom pacifischen Ozean begrenzte Ostküste. Eine reiche geographische und geologische Literatur über die Vulkane in Kamtschatka, auf den Aleuten und Kurilen, in Japan, Formosa und den Philippinen bietet meist nur locales Interesse, in geologischer Hinsicht sind die Publicationen von E. Naumann[114]), Milne[115]), Wada[116]) und anderen japanischen Forschern über die Vulkane Japans

von größerer Bedeutung. Eine hervorragende Stelle nimmt Junghuhn's*) reich ausgestattetes Werk[117]) über die javanischen Vulkane, das durch spätere Mittheilungen von Emil Stöhr[118]) über die Idjen-Raun und den Tenggor-Vulkan und Verbeek[119]) über die fürchterliche Katastrophe des Krakatau im Jahre 1889 ergänzt wurde, in der vulkanologischen Literatur ein. Indien besitzt zwar keine thätigen Vulkane, aber im Dekkan den großartigsten Deckenausbruch von Basalt, welcher eine Fläche von mehr als 1000 Quadratkilometern bedeckt. Ein klassisches Gebiet für Vulkanforschung ist die Insel Hawaii mit den beiden Riesenkegeln Mauna-Loa und Mauna-Kea, die schon 1840 von J. Dana in meisterhafter Weise untersucht und beschrieben wurden und 1884 eine ausführliche Monographie durch Clar. Edw. Dutton[120]) erhielten. Ch. Darwin's[121]) Schilderungen der vulkanischen Inseln im pacifischen Ozean und speciell der Galapagos, sowie die Ergebnisse der Challenger Expedition haben wesentlich zur Entwickelung des Vulkanismus und zum Verständniß submariner Eruptionen beigetragen. Die theilweise noch thätigen, theilweise erloschenen Vulkane und die sonstigen vulkanischen Phänomene Neuseelands haben in den beiden deutschen Geologen Ferd. v. Hochstetter[122]) und Jul. Haast sachkundige Monographen gefunden.

Die afrikanischen continentalen Vulkane, unter denen der Kamerun im Westen, der Kilimandscharo und Kenia im Osten, der Ruwenzori im Innern durch gewaltige Größe auffallen, sind im letzten Dezennium mehrfach bestiegen und zum Theil auch petrographisch untersucht worden, ohne jedoch für die Vulkanlehre im Allgemeinen wesentlich Neues zu liefern.

Nordamerika besitzt nur im äußersten Nordwesten in Alaska und Washington Territory thätige Feuerberge, die in neuester Zeit von den Geologen der Vereinigten Staaten wiederholt besucht und be-

*) Junghuhn Franz Wilhelm, geboren am 26. Oktober 1812 zu Mansfeld, studierte in Halle und Berlin Medicin und Naturwissenschaften, trat als Compagniechirurg in die preußische Armee, kam wegen eines Duells auf den Ehrenbreitstein, von wo er nach 20 monatlicher Gefangenschaft entfloh. Er trat in Algier als Arzt in die Fremdenlegion und später in die niederländisch-ostindische Armee ein. 1835 kam er nach Java und wurde dort mit der topographischen und geologischen Aufnahme der Sunda-Inseln beauftragt. 1855 übernahm er die Direction der Chinaculturen in Java; starb 1864 zu Lembang in der Preanger Regentschaft.

schrieben wurden; namentlich der Mount Elias in Alaska, der Mount Rainier (Tacoma) und Mount Hood im Cascadengebirg und das Monothal in Ostcalifornien sind mehrfach Gegenstand eingehender Studien von Hayden, Emmons, Bailey-Willis, Russell[123]) u. A. geworden. Das großartige, vom Columbiafluß durchschnittene Basaltplateau in Oregon und Washington ist durch Hayden wissenschaftlich erschlossen worden und auch das Wunderland am Yellowstone mit seinen Geysirn, heißen Quellen, Schlammvulkanen und erloschenen vulkanischen Bergen hat Hayden 1871 entdeckt und zuerst der staunenden Mitwelt zur Kenntniß gebracht. Seit der Yellowstone Park 1872 zum Nationaleigenthum der Vereinigten Staaten erklärt ist, arbeitet die Geologische Staatsanstalt zuerst unter Hayden's, später unter Arnold Hague's Leitung unausgesetzt an der detaillierten wissenschaftlichen Erforschung dieses Gebietes. In musterhafter Weise wurden durch Professor Iddings[124]) die vulkanischen Gesteine des Nationalparks untersucht und beschrieben. Weiter im Süden finden sich in den Hochebenen von Colorado, Arizona und Neumexico zahlreiche erloschene Vulkane, welche in seltener Deutlichkeit die horizontalen Schichten der paläozoischen Periode durchbrechen und als Kegelberge oder Decken den letzteren aufruhen. C. E. Dutton[125]) hat in seiner prachtvoll ausgestatteten Monographie des Grand Cañon-Districtes die im südlichen Colorado und in Arizona vorkommenden Vulkane beschrieben, auf die schon vorher von Powell, Wheeler, Clar. King, Gilbert u. A. hingewiesen worden war. Hervorragende Bedeutung beansprucht eine Monographie der Henry Mountains von K. Gilbert[126]), weil hier unter dem Namen „Laccolithen" intrusive Eruptivmassen beschrieben wurden, die in ansehnlicher Tiefe zwischen horizontal geschichtete Gesteine eindrangen, dort erstarrten und die darüber liegenden Sedimentärablagerungen gewölbartig emporhoben. Durch nachträgliche Denudation der sedimentären Deckschichten gelangten einzelne Laccolithen", wie Peale, Holmes und Endlich (1877) zeigten, als domförmige homogene Gesteinskuppen an die Oberfläche. Nach Whitman Croß[127]) haben die laccolithischen Gesteine von Colorado, Utah und Arizona durchwegs porphyrische Struktur, indem größere Krystalle von Hornblende, Augit, Orthoklas, Plagioklas, Glimmer und Quarz in einer feinkrystallinischen Grundmasse eingebettet liegen. In chemischer Hinsicht gehören sie zu den mäßig sauern Gesteinen und stehen den Trachyten und Porphyriten am nächsten.

Die Gilbert'sche Laccolithenhypothese, welche in mancher Hinsicht an die v. Buch'schen Erhebungskrater erinnert, ist gegenwärtig ziemlich allgemein angenommen; sie wurde von Ed. Sueß[128]) auf gewisse vulkanische Gesteine der Euganeen, von Broegger auf die Tiefengesteine (Granit und Monzonit) des Fassathales angewandt und von Whitman Croß (1895) eingehend begründet. E. Reyer[129]) allerdings sucht die Laccolithen als subaërische Ergußgesteine zu erklären, welche nicht als spätere Intrusivmassen zwischen die sie umschließenden Sedimentärgesteine gelangten, sondern während deren Entstehung emporbrachen.

Mit den mexicanischen Vulkanen haben sich nach Alex. v. Humboldt hauptsächlich die deutschen Geologen Felix und Lenk[130]) und Sapper[131]) beschäftigt; mit denen in Guatemala und San Salvador Dollfuß-Montserrat[132]), Sapper[133]) und Montessus de Ballore. In Costarica und dem Isthmus von Darien machten Mor. Wagner[134]), Pennesi und v. Seebach[135]) eingehende, jedoch vorzugsweise topographische Studien. Ueber die Vulkane der Antillen fehlen noch erschöpfende geologische Beobachtungen. Den südamerikanischen Vulkanen hatte sich Humboldt mit besonderer Vorliebe gewidmet; seitdem sind zwar vielerlei kleinere geographische und geologische Mittheilungen, aber wenige umfassende Arbeiten über dieselben veröffentlicht worden. Nur über die Vulkane von Ecuador liegt ein neues Werk von Alphons Stübel[136]) vor, das nicht nur als Specialmonographie, sondern auch vom allgemeinen theoretischen Standpunkt besondere Beachtung verdient. In der Einleitung faßt Stübel die Resultate seiner vieljährigen Vulkanstudien in kurzen Sätzen zusammen. Er hält es für wahrscheinlich, daß in dem ersten Stadium der Abkühlung unseres Planeten zahlreiche Magmaergüsse von so gewaltigen Dimensionen stattgefunden haben, daß die Verfestigung der älteren Magmen noch nicht vollendet war, als sich darüber neue Decken ausbreiteten und dadurch die Abkühlung der älteren Ergüsse unendlich verlangsamten. Auf solche Weise entstand die „Panzerung" der alten Erdkruste, welche eine große Zahl „peripherischer Herde" von verschiedener Ausdehnung einschließt. Aus diesen, in geringer Tiefe unter den Sedimentgesteinen befindlichen Herden wird das Material der heutigen Vulkane durch Abkühlung und damit zusammenhängende Ausdehnung emporgetrieben. Form und Größe der peripherischen Herde sind maßgebend für den Umfang der Vulkangruppen und die Anordnung der einzelnen

Ergußstellen. Dem Magma wohnt selbst die Kraft inne, sich den Weg nach der Oberfläche zu bahnen und zwar wird die Region des geringsten Widerstandes den Weg bilden, auf dem die gluthflüssigen Massen an die Oberfläche gelangen. Die Bedingungen des geringsten Widerstandes werden am häufigsten an Gesteinsgrenzen angetroffen.

Das intensive Studium der thätigen und erloschenen Vulkane und insbesondere die exacte petrographische Untersuchung der Eruptionsprodukte mußte naturgemäß auch einen erheblichen Einfluß auf die theoretische Erklärung des vulkanischen Phänomens ausüben. Daß dabei die alten Hypothesen, welche brennende Kohlenflötze, Petroleum, Zersetzung von Schwefelmetallen und anderen Substanzen, Elektricität oder lokale Dampfentwickelung als Ursachen des Vulkanismus in Anspruch nahmen, endgiltig beseitigt wurden, ist selbstverständlich. Der irdische Vulkanismus ist eine universell verbreitete Erscheinung und darf nicht durch locale Ereignisse erklärt werden. Er steht offenbar mit dem im Erdinnern befindlichen Gesteinsmagma in Verbindung und hat seinen Sitz nicht in der äußeren starren Kruste. Letzteres wurde allerdings noch von einigen modernen Autoren behauptet, welche die Ursache des Vulkanismus in mechanischen Vorgängen suchten. Schon Cartesius hatte (1644) den Gedanken ausgesprochen, daß durch Reibung einstürzender Gesteinsmassen Schmelzprocesse eingeleitet werden könnten und Franke (1756) schreibt die vulkanischen Ausbrüche geradezu örtlichen Reibungen in der Erdkruste zu. Neuerdings wurde die Bedeutung der Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme von Volger[137]) zu einer Hypothese verwerthet, wonach sowohl Erdbeben als Vulkane durch partielle Zusammenbrüche und Einstürze in der Erdkruste in Folge vorhandener unterirdischer Hohlräume hervorgerufen werden sollen. In etwas anderer Weise sucht Fr. Mohr[138]) diese mechanische Einbruchtheorie zu begründen. Er nimmt an, daß gewisse Schichten in der Erdkruste durch Auflösung einzelner Bestandtheile oder sonstige Einflüsse ihre Consistenz eingebüßt haben. Lastet über diesen schwachen Lagern ein Complex jüngerer Gesteinsschichten und auch noch der Ozean, so können sie zusammengequetscht, erhitzt, unter Umständen sogar geschmolzen und in Spalten emporgepreßt werden. Auf diese Weise sollen namentlich die untermeerischen Tuffmassen entstanden sein. Fr. Pfaff[139]) hat die Unmöglichkeit einer zum Schmelzen von Gesteinsmassen erforderlichen Hitze durch solche thermodynamische Einwirkung treffend dargethan

und damit der Mohr'schen Hypothese ihre Grundlage entzogen. Am eingehendsten hat der Engländer Robert Mallet[140]) eine mechanische Vulkantheorie zu begründen versucht. Mallet nimmt an, daß die Erdkruste in Folge der lang andauernden Abkühlung jetzt eine bedeutende Dicke besitzt. Während der Abkühlung fand zugleich eine Contraction der erstarrenden Massen statt und dadurch wurde ein tangentialer Druck in der Rinde herbeigeführt. Dieser zu vertical wirkender Kraft umgesetzte Tangentialdruck faltet und runzelt die Erdkruste und bildet größere und kleinere Bergketten. An Stelle des geringsten Widerstandes entstehen Zerreißungen und unter und neben diesen Bruchlinien muß das Gestein auf weite Strecken hin zerbrochen und zusammengedrückt werden. Die durch Druck und Bewegung geleistete Arbeit wird in Wärme umgesetzt und wo sich Druck und Bewegung concentrieren oder zu plötzlichem Stillstand gelangen, kann Rothgluth entstehen und das zusammengequetschte Gestein schmelzen. Wird die durch localen Druck und Zerquetschung von Gesteinsmassen gewonnene Hitze unter Mitwirkung von Wasserdämpfen zu mechanischer Arbeit verwendet, so können die geschmolzenen Massen unter explosiven Erscheinungen an die Oberfläche befördert werden. Dies sind im Allgemeinen die Grundgedanken der mit großem Scharfsinn und Gelehrsamkeit ausgeführten Mallet'schen Vulkantheorie, welche jedoch von Justus Roth[141]) und Poulett-Scrope[142]) einer vernichtenden Kritik unterworfen wurde und jetzt wohl als beseitigt angesehen werden darf, wenn sich auch gewisse Ideen, wie der Einfluß des einschrumpfenden Erdkerns auf die Zerreißung und partielle Erhitzung der Kruste als fruchtbar erwiesen haben und von Reusch, Petrino (1879) und Wettstein (1880) in verschiedener, jedoch nicht sonderlich glücklicher Weise verwerthet wurden.

Die modernen Anschauungen über die Ursachen des Vulkanismus greifen wieder auf das Magma im glühenden Erdinnern zurück, dem bereits von den Philosophen des classischen Alterthums, von Athanasius Kircher, von Steno, Buffon, Dolomieu, Spallanzani, Faujas de Saint-Fond, v. Humboldt, v. Buch, Poulett-Scrope, Daubeny, Lyell und vielen Andern die Hauptrolle bei den vulkanischen Ausbrüchen zugeschrieben wurde. In den chemischen und mechanischen Vorgängen und in der Reaction dieses gluthflüssigen Magmas gegen die feste Erdkruste finden nicht nur die vulkanischen Erscheinungen,

sondern auch die meisten Erdbeben ihre Erklärung. Daß es sich freilich hiebei nicht, wie Perrey und Falb annehmen, um ein leicht bewegliches, flüssiges Magmameer im Erdinnern handeln kann, das abhängig von der Attraction durch Mond und Sonne sich zu bestimmten Zeiten gegen gewisse Theile der Erdkruste drängt und in Spalten gepreßt aufsteigt und theils unterirdische, theils oberflächliche Eruptionen veranlaßt, ergibt sich aus den Untersuchungen über die muthmaßliche Beschaffenheit des Erdinnern.

Seitdem Stanisl. Meunier[143]), E. Reyer[144]) und Tschermak den Vulkanismus als kosmische Erscheinung in's Auge gefaßt haben und Ed. Sueß in den vulkanischen Oberflächengebilden des Mondes bestimmte Vorgänge irdischer Vulkane wiederzuerkennen glaubt, hat die magmatische Theorie immer festere Grundlage gewonnen und darf jetzt wohl als die allein herrschende bezeichnet werden. Für den Auftrieb der unterirdischen Magmen in die Erdkruste oder an die Erdoberfläche wurden bereits von Cordier, C. Prévost und Dana die Contraction der sich abkühlenden Erdkruste und der dadurch bedingte Druck auf den Erdkern geltend gemacht. Diesem meist mit tectonischen Dislocationen verbundenen Druck schreiben die meisten neueren Autoren das Aufsteigen der älteren krystallinisch-körnigen Massengesteine zu, welche in der Tiefe erstarrend, nach Naumann typhonische Stöcke oder nach Sueß „Batholithe" bilden. Ed. Sueß[145]) hat 1885 die Massenergüsse (Batholithe) der Tiefengesteine, das Eindringen der intrusiven Laccolithen zwischen Sedimentärgesteine und die Spaltenausbrüche der älteren homogenen Vulkane unter dem Einfluß des Druckes der Erdkruste auf das unterirdische Magma eingehend geschildert und faßt seine Anschauungen (S. 220) in folgenden Sätzen zusammen: „Die obersten peripherischen Theile des Erdkörpers sind durch tangentiale Spannung festgehalten wie ein Gewölbe. Entweder radiale Spannung oder Abstau trennt einen Theil des Erdkörpers gegen innen ab, und es bildet sich eine große, der Erdoberfläche mehr oder minder parallele, bei radialem Abriß sehr ausgedehnte, bei Abstau mehr linsenförmige Ablösung, eine Macula, welche sich mit Lava füllt. Findet an der Oberfläche die tangentiale Spannung nach irgend einer Richtung ihre Auslösung, z. B. durch Faltung oder durch Ueberschiebung einer anderen Scholle, so sinkt hinter der Faltung oder Ueberschiebung das Gewölbe in die Macula, und auf den Sprüngen oder Einbrüchen quillt Lava hervor."

Ed. Reyer[146]) unterscheidet die Massenergüsse (Batholithe, Laccolithe, Quellkuppen, Decken) von den eigentlichen vulkanischen Eruptionen und sucht aus der „schlierigen“, d. h. in verschiedenen Theilen verschiedenartig gemischten Beschaffenheit der meisten Eruptivgesteine, sowie aus der Abkühlungsklüftung die Art und Weise ihres Ausbruchs, ob durch einmalige Eruption oder wiederholte Nachschübe, zu ermitteln. Eine grundsätzliche Verschiedenheit dieser Massenergüsse von den eigentlichen Vulkanen hält übrigens auch Reyer nicht für zulässig, da in Mexico, Island u. a. O. Massenergüsse und Decken mit typischen Tuffvulkanen combiniert vorkommen. Im Gegensatz zu Gilbert, Holmes, Sueß u. A. läugnet Reyer die Entstehung der Laccolithen als jüngere Intrusivmassen zwischen bereits vorhandenen und erhärteten Sedimentärschichten, betrachtet dieselben vielmehr als Massenergüsse während der Sedimentbildung und erklärt die in die hangenden Schichten eingreifenden Apophysen als jüngere Nachschübe. Solche intrusive Nachschübe sind nach Reyer überhaupt charakteristisch für Masseneruptionen. Abweichend von den Massenergüssen sind die eigentlichen vulkanischen Berge stets aus Tuffen und losen Auswurfsprodukten, zuweilen auch aus Lavaströmen zusammengesetzt, welche sich um die Ausbruchsstelle anhäufen und in mantelförmig abfallenden Schichten anordnen. Die Krater entstehen nach Reyer in der Regel durch Explosion, nicht selten aber auch durch staffelförmigen Einbruch; auch scheinen größere Senkungsfelder, auf welchen sich die vulkanischen Berge befinden sollen, durch wiederholte Eruptionen gebildet zu werden.

Daß die von gewaltsamen Eruptionserscheinungen begleiteten Ausbrüche der thätigen Feuerberge nicht lediglich durch die Pression der Erdkruste auf das Magma im Erdinnern veranlaßt sein können, wurde bereits von Dolomieu und Spallanzani anerkannt. Während aber der Erstere als elastisches Flußmittel den Schwefel in Anspruch nahm, begnügte sich Spallanzani mit Wasserdämpfen. Menard (1815), Deluc, Monticelli, Covelli und vor Allen Al. v. Humboldt und Poulett-Scrope schließen sich dieser Ansicht an. Letzterer bezeichnet die Lava als einen mit Krystallen und einem Liquidum gemischten Teig, worin durch locale Temperaturzunahme oder Druckverminderung ein Theil des Wassers in Dampf verwandelt werde, der nun die Masse emportreibe und zerstäube. Während aber Poulett-Scrope die elastischen Dämpfe als

einen dem Erdmagma ursprünglichen Bestandtheil ansieht, nahmen Al. v. Humboldt und nach ihm Necker de Saussure, G. Bischof, L. v. Buch, C. F. Naumann, Ch. Lyell und viele Andere an, das Wasser sei von oben durch Spalten in die Tiefe gedrungen, habe dort das glühende Magma begegnet, sich in Dampf verwandelt und mit dem Magma vermischt. v. Humboldt denkt in erster Linie an mit dem Meere communicierende Spalten, wofür ja auch die geographische Verbreitung der thätigen Vulkane spreche, läßt es aber unentschieden, ob nicht auch meteorisches Wasser in die Tiefe gelangen könne. Die von Humboldt betonte Schwierigkeit, ob der hydrostatische Druck der eindringenden Wassersäule den Widerstand der gespannten Dämpfe im Erdinnern überwinden könne, sucht G. Bischof[147]) rechnerisch zu beseitigen. Auch Angelot[148]) kommt zu dem Ergebniß, daß die Tension einer Wassersäule in jeder Tiefenlage durch den Druck der überlastenden Wassermassen überwunden werde. Die Quelle der das Magma in der Tiefe durchwässernden Dämpfe ist nach Angelot das Meer. Neben Wasserdampf nimmt G. Bischof auch noch flüssige Kohlensäure, Salzsäure und andere Gase als hebende Bestandtheile des Erdmagma's in Anspruch. In neuester Zeit hat E. Reyer die Frage nach der Provenienz der in den Erdmagmen befindlichen Liquida wieder ausführlich erörtert und sie im Sinne von Angelot, Fourier und Poulett-Scrope beantwortet. Nicht nur Wasserdämpfe, sondern auch verschiedene andere Gase und Liquida haben sich bei der Entstehung der Erde mit der Erdmaterie vermischt und sind im Erdmagma erhalten geblieben. Die fortwährende Abscheidung der schwerst schmelzbaren Theile aus dem Magma wird stets von Gasausscheidungen begleitet. Die nach und nach unter hohem Druck erstarrenden Massen sind mit Flüssigkeiten durchtränkt und diese mit Gasen gesättigt, so daß sie bei Aufhebung des Druckes jederzeit in flüssigen Zustand übergehen und emporgetrieben werden können. Experimente mit unter Druck geschmolzenem Schwefel oder Metallen, die große Mengen von Gasen absorbieren (Silber, Bleiglätte), wie sie von Hochstetter[149]), Sueß[150]) und Reyer angestellt wurden, haben ergeben, daß diese Gase bei der Abkühlung unter Eruptiverscheinungen (Spratzen) entweichen und unter Umständen an den Ausbruchstellen kegelförmige Gebilde hervorbringen, die mit vulkanischen Bergen große Aehnlichkeit besitzen.

Im Anschluß an die Vulkane werden von jeher alle Exhalationen gasförmiger Stoffe, wie die Kohlensäure-Mofetten, die Schwefel-

wasserstoff- und Schweflige Säure aushauchenden Solfataren, die Wasserdampf-Fumarolen und sonstige Gasausströmungen betrachtet. Sie sind in der Regel Begleiterscheinungen thätiger oder erloschener Vulkane und in Bischof's chemischer Geologie (Band I) ausführlich abgehandelt. Auch die intermittierenden heißen Quellen oder Geysire finden sich nur in vulkanischen Districten, namentlich in Island, Neuseeland und dem Yellowstone-Park. Die isländischen Geysire sind am längsten bekannt und wurden schon im 12. Jahrhundert von Saxo Grammaticus erwähnt. In diesem Jahrhundert schenkten denselben Mac Kenzie (1810), Henderson (1818), Menge (1819), Krug v. Nidda (1833) und ganz besonders Rob. Bunsen und Descloizeaux (1846) ihre Aufmerksamkeit. Von den beiden letztgenannten Autoren rührt eine Theorie der Geysirbildung her, welche später durch J. Müller (1850), G. Wiedemann (1882), J. Petersen (1889) und A. Andreae (1893) auch experimentell bestätigt wurde. Ueber die Geysire und heißen Quellen in Neuseeland berichteten zuerst Yates (1835) und Dieffenbach (1843). Eine sehr eingehende Beschreibung derselben lieferte Ferd. v. Hochstetter in dem geologischen Band des Novarawerkes (1863). Seitdem wurden die dortigen Geysire von zahlreichen Autoren erwähnt, ohne jedoch wesentlich Neues zu bringen. Das großartigste Geysirgebiet im Yellowstone-Park von Wyoming ist zum erstenmal 1863 in einem Bericht von Capitän Mullan über die Anlage einer Militärstraße von Fort Walla-Walla nach Fort Benton erwähnt. Im Jahre 1869 und 1870 folgten touristische Schilderungen von Folsom, Raymond und Langford. Für die wissenschaftliche Welt wurde das Geysirgebiet erst 1871 durch Hayden erschlossen und auf Antrag dieses verdienstvollen Geologen der Yellowstonepark zum Nationaleigenthum der Vereinigten Staaten erklärt. Seitdem haben Hayden, sowie die Staatsgeologen A. D. Peale, Holmes, Hague u. A. dem Studium der Geysire und heißen Quellen des Nationalparkes ihre beständige Sorgfalt gewidmet. Eine erschöpfende und reich illustrierte Monographie der Geysire und heißen Quellen im Yellowstonegebiet, sowie überhaupt aller ähnlicher Phänomene veröffentlichten 1883 Holmes und Peale im 12. Jahresbericht der U. S. Geological and geographical Survey of the Territories.

Ganz unabhängig von vulkanischen Vorgängen können die Schlammvulkane oder Salsen auftreten. Sie entstehen an Orten,

wo durch unterirdische chemische Processe starke Gasentwickelung stattfindet. Schon v. Humboldt, Spallanzani, Dolomieu, Pallas, Engelhardt und Parrot hatten sich mit diesen eigenthümlichen Erscheinungen beschäftigt. Die Schlammvulkane bei Baku am Caspischen Meer wurden später von Lenz[151]), Abich, Eichwald, Sjögren u. A., jene am Schwarzen und Asowschen Meer von Verneuil[152]), Huot[153]), Dubois de Montpéreaux[154]), Abich, M. Wagner, Andrussow u. A. beschrieben. Eine generelle Abhandlung über Schlammvulkane mit specieller Beschreibung desjenigen von Paterno in Sicilien verdankt man C. W. v. Gümbel.[155])

Von generellen Publicationen über Vulkane und Vulkanismus mögen, abgesehen von den im Vorhergehenden bereits besprochenen, noch aus neuerer Zeit erwähnt werden die Werke von Fr. Pfaff[156]), C. W. Fuchs[157]), Velain[158]), Judd[159]), Dana[160]), Reusch[161]) und Hull.[162])

f) Erdbeben.

Im Anschluß an die Vulkane werden in der Regel die Erdbeben besprochen. Sie haben wie jene ihren Sitz in der Tiefe des Erdinnern oder der festen Kruste, sie begleiten jede heftigere vulkanische Eruption, können aber freilich auch gänzlich unabhängig von diesen auftreten. Berichte über Erdbeben reichen bis in die älteste Zeit zurück, allein was aus dem Alterthum und Mittelalter über Erdbeben überliefert ist, beschränkt sich auf die Schilderung der charakteristischen Erscheinungen und des moralischen Eindrucks dieser Ereignisse auf Menschen und Thiere und hat keinerlei wissenschaftlichen Werth. Von geringem Interesse sind auch die älteren Hypothesen über die Ursachen der Erdbeben.[163]) Erst im vorigen Jahrhundert fing man an, sich ernsthafter mit den Erdbeben zu befassen, so daß K. v. Hoff bereits im zweiten Theil seines Werkes über die natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche eine förmliche Monographie über die Erderschütterungen schreiben konnte. Auch in Friedr. Hoffmann's hinterlassenen Werken (1828) findet sich eine sehr eingehende Schilderung der Erscheinungen und Wirkungen von Erdbeben. Mit den Ursachen derselben beschäftigt sich eine im Jahr 1827 in Leipzig gekrönte Preisschrift von Kries. In vorzüglicher Weise hat ferner C. F. Naumann im ersten Band seines Lehrbuchs der Geognosie alles Wissenswerthe über Erdbeben bis zum Jahr 1850 zusammengestellt, so daß

G. Landgrebe in seiner Naturgeschichte der Vulkane und Erdbeben (2. Band, 1854) nur wenig Neues beizutragen im Stande war.

Alle älteren Autoren betrachten die Erdbeben als charakteristische Begleiterscheinung des Vulkanismus und schließen sich bezüglich deren Entstehung der Auffassung Humboldt's[164]) an, welcher die Wechselbeziehung der beiden Naturerscheinungen an einer großen Anzahl von Beispielen nachgewiesen und für beide auch die gleichen Ursachen in Anspruch genommen hatte. Er nennt sie „Reactionen des Erdinnern gegen die feste Kruste" und die Vulkane „Sicherheitsventile für ihre nächste Umgebung". Im Wesentlichen auf dem Boden der Humboldtschen Ansichten stehen die Compendien von Boegner[165]) und Netoliczka[166]), von denen sich das erstere vielfach wortgetreu an Fr. Hoffmann anlehnt. Auch Kluge's[167]) im Jahre 1861 und 1853 veröffentlichte Schriften betonen mit besonderem Nachdruck die Wechselbeziehungen zwischen Vulkanen und Erdbeben.

Seit Humboldt's berühmter Schilderung des Erdbebens von Cumana hat die Erdbebenkunde, namentlich soweit es sich um die geographische Verbreitung, um die Zeit des Eintritts derselben, um die damit verbundenen Erscheinungen und Wirkungen, um die Stärke und die Art der Fortpflanzung der Stöße handelt, erhebliche Fortschritte gemacht und insbesondere sind zahlreiche neuere Erdbeben mit großer Genauigkeit nach allen diesen Beziehungen beschrieben worden. Unter den Erdbebenforschern steht Alexis Perrey[168]) in Dijon in vorderster Reihe. 1841 bis 1874 liegen von diesem eifrigen und ausdauernden Gelehrten eine große Anzahl statistischer Berichte über Erdbeben vor, die sich über einen Zeitraum von mehr als 15 Jahrhunderten erstrecken. Die Perrey'schen Publicationen liefern zwar für die Chronologie von Erdbeben werthvolle Anhaltspunkte, zeigen aber auch die Hoffnungslosigkeit, auf diesem Wege zu bestimmten Resultaten zu gelangen, da die Zahl der Nachrichten fast mehr noch von dem Culturzustand der einzelnen Völker als von jener der eingetretenen Naturereignisse abhängt. In England unterzogen sich die beiden Mallet[169]) der Aufgabe, einen Erdbebenkatalog über die Periode von 1606 bis 1858 herzustellen; über die russischen und centralasiatischen Erschütterungen verfaßte Muschketow[170]), unterstützt durch einige Mitarbeiter, eine Zusammenstellung. In Deutschland hatten v. Hoff und Berghaus eine Chronik der vulkanischen Ausbrüche und Erdbeben bis zum Jahre 1841 veröffentlicht. Von 1873 bis 1885

lieferte C. W. Fuchs in Tschermak's mineralogischen Mittheilungen regelmäßige Jahresberichte, die er 1885 in einer Statistik zusammenfaßte und im 92. Band der Sitzungsberichte der Wiener Akademie veröffentlichte. Von O. Volger[171]) rührt eine sorgfältige Chronik der Erdbeben in der Schweiz nebst Betrachtungen über Periodicität, Verbreitung und Ausdehnung der Erschütterungen her.

Daß Italien, das in Europa am meisten von Erdbeben heimgesuchte Gebiet, nicht hinter den Nachbarländern zurückblieb, ist selbstverständlich. Es besitzt in de Rossi, dem Begründer der „unterirdischen Meteorologie", einen Perrey ebenbürtigen Historiographen, der seine reichen Erfahrungen in einem besonderen Werk[172]) niedergelegt hat und seit Dezennien regelmäßige Berichte aus dem von ihm gegründeten seismologischen Observatorium von Rocca di Papa im Albaner Gebirge veröffentlicht. Ueber das furchtbare Erdbeben vom Jahre 1627, welches die Halbinsel des Monte Gargano verwüstete, hat Baratta[173]) nachträglich alle Ueberlieferungen mit scrupulöser Sorgfalt zusammengestellt und das neapolitanische Erdbeben vom Jahr 1857 veranlaßte Rob. Mallet[174]) zur Herausgabe eines Werkes, das auf die ganze Methode der Erdbebenforschung den nachhaltigsten Einfluß ausübte. Die in den letzten Dezennien eingetretenen heftigen Erdbeben von Belluno (1873), Ischia (1883) und Ligurien (1887) haben eine ganze Reihe von Publicationen hervorgerufen. Ueber das erstgenannte Beben von Belluno haben G. vom Rath[175]), Bittner[176]), Falb[177]), Höfer[178]), Hoernes[179]) u. A. ausführlich berichtet; über das von Ischia schrieben de Rossi, Palmieri, C. Diener, M. de Tribolet, über das ligurische Erdbeben Issel, Taramelli, Mercalli, Baratta, Weiß. Zwei wichtige Abhandlungen von Ed. Sueß[180]) über die Erdbeben Niederösterreichs und im südlichen Italien enthalten neue Gesichtspunkte, indem darin gezeigt wird, wie sich Erdbeben in bestimmten, durch den Gebirgsbau bedingten Schütterungs- oder Stoßlinien häufig wiederholen und zwar gänzlich unabhängig von vulkanischen Erscheinungen. Die Sueß'schen Anregungen sind für Bittner und Hoernes bei ihren Studien über das Erdbeben von Belluno maßgebend geworden und gaben Hoernes auch einen Fingerzeig zur Erklärung des im Jahre 1870 stattgefundenen, und von D. Stur[181]) vortrefflich beschriebenen Erdbebens von Klana-Fiume. In der Schweiz wurde die bis 1855 reichende Volger'sche Statistik durch eine eigene Commission, worin Heim, Tarnutzer, Forster

und Früh besonders thätig sind, ergänzt. Mit musterhafter Genauigkeit sind die neueren Erdbeben in Mitteleuropa, und zwar jene in Frankreich, Belgien und Holland von Alexis Perrey, die in Deutschland von verschiedenen Autoren controlliert worden. So haben sich z. B. mit dem mitteldeutschen Erdbeben im Jahre 1872 K. v. Seebach[182], mit dem von Herzogenrath in der Rheinprovinz A. v. Lasaulx[183] und Höfer[184], mit denen in Rheinland-Westfalen Jac. Nöggerath, mit den sächsischen H. Credner[185] mit den bayerischen C. W. v. Gümbel[186], mit den württembergischen Eck und Hammer, mit den oberrheinischen die in Karlsruhe bestehende Erdbebencommission, mit den hessischen R. Lepsius eingehender beschäftigt. In Schlesien und den Sudeten beobachteten Jeitteles, Dathe, Leonhard und Volz, in Böhmen Laube, in Ungarn Rusegger, Koch, Kissatic und Schafarzik. Ueber das furchtbare Erdbeben bei Agram im Jahre 1880 liegen erschöpfende Berichte von Hantken, Wähner[187] und Pilar[188], über das von Laibach von Hoernes und Franz Sueß[189] vor. Für die Beobachtung von Erdbeben in Oesterreich hat neuerdings die Wiener Akademie eine Commission unter der Leitung von Mojsisovics gebildet. Das andalusische Erdbeben im Jahre 1884 bis 1885 wurde durch Calderon und sehr eingehend durch eine französische Expedition studiert, über deren Ergebnisse Fouqué und Ch. Barrois berichteten. In Griechenland beschrieb Jul. Schmidt das große phokische Erdbeben zwischen 1870 und 1873; über spätere Erderschütterungen liegen Arbeiten von Philippson, Partsch, Mitzopulos, Skuphos vor. In Großbritannien setzen James Geikie, Davison und White die Arbeiten der Gebrüder Mallet fort und auch aus Nordamerika, Guatemala, Mexico, Indien, Australien und Afrika fehlt es nicht an werthvollen Berichten. In geradezu meisterhafter Weise werden in Japan die von E. Naumann und Knipping begonnenen seismologischen Studien fortgeführt. Die Berichte von Milne, Kotô, Sekiya u. A. in den Transactions of the Seismological Society of Japan enthalten eine Fülle der wichtigsten Mittheilungen über die dortigen Erdbeben.

Die Fortschritte in der Erdbebenkunde wurden übrigens nicht nur durch vermehrte und sorgfältigere Beobachtung erzielt, sondern auch durch die Erfindung von Instrumenten, welche eine genauere Registrierung der Erdbeben ermöglichen und über die Richtung und

Intensität der Stöße Aufschluß gewähren. Schon Cacciatore benützte als Seismograph eine mit Quecksilber gefüllte Schale mit einer Anzahl in gleichen Abständen angebrachten Löchern oder Rinnen am Oberrand, aus welchen sich das Quecksilber bei einer Erschütterung der Schale in bereit stehende Gefäße entleeren konnte. Je nach der Richtung des Stoßes muß das Quecksilber nach der einen oder anderen Seite abfließen und die daselbst befindlichen Gefäße füllen. Diesem einfachen und recht unvollkommenen Apparat folgten zahlreiche andere von theilweise sehr complicierter Construction, die bald Pendel, bald Uhrwerke mit Arretierungsvorrichtung u. dergl. verwendeten. Gegenwärtig besitzt man, Dank dieser verfeinerten Untersuchungsmethoden, ein ungemein reiches Beobachtungsmaterial über die Häufigkeit, Dauer, periodische Wiederkehr und geographische Verbreitung der Erdbeben, sowie über die Art der Fortpflanzung, Richtung, Intensität, Geschwindigkeit und Beschaffenheit der Stöße, über die Ausdehnung, Verheerungen, sonstige Begleiterscheinungen und geologische Wirkungen der Bodenerschütterungen und über ihre Abhängigkeit von der geologischen Beschaffenheit.

Durch Mallet, v. Seebach, v. Lasaulx und Dutton wurden Methoden vorgeschlagen, um den Erschütterungsherd ausfindig zu machen und die Tiefe zu bestimmen, aus welcher die Stöße kommen; allein in der Regel steht die geringe Genauigkeit der Beobachtungen im Contrast zu der mathematischen Schärfe der vorgeschlagenen Methoden. Sowohl Mallet als v. Seebach glaubten durch ihre geometrische Methode auf einen in geringer Tiefe befindlichen Ausgangspunkt der Erschütterung schließen zu dürfen; ein Resultat, das jedoch noch keineswegs feststeht und dem die Beobachtungen von Whitney in Californien, von Wynne im Punjab und von Heim in der Schweiz zu widersprechen scheinen. Immerhin gehört v. Seebach's Werk über das mitteldeutsche Erdbeben 1872 zu den bedeutenderen Erscheinungen in der Erdbebenliteratur. Perrey's ausdauernde statistischen Untersuchungen sollten in erster Linie die Aufgabe lösen, ob die Erdbeben durch Tages- und Jahreszeiten oder astronomische Constellationen beeinflußt sind. Das Resultat ist jedoch unbefriedigend, denn die etwas größere Häufigkeit der Bodenerschütterungen im Winter und Herbst als in anderen Jahreszeiten ist nicht erheblich genug, um daraus eine Gesetzmäßigkeit abzuleiten. Die Vermuthung, aus meteorologischen Vorgängen das Herannahen von Erdbeben zu

bestimmen, findet durch die Statistik keine Bestätigung, dagegen glaubte Perrey in dem Einfluß der Mondattraction eine Erklärung für den Eintritt von Erdbeben zu finden. Er nahm an, die Erdkruste weise an ihrer Innenseite ebenso große Unebenheiten auf, wie an ihrer Oberfläche und indem das gluthflüssige Magma im Erdinnern unter der Attraction des Mondes in Fluthwellen gegen die schwächeren Theile der Kruste anschlüge, rufe es Erdbeben hervor. Ganz unabhängig von Perrey war Rudolf Falb[190]) zu einer ähnlichen, jedoch viel eingehender begründeten Erdbebentheorie gelangt, für welche er unermüdlich durch Schrift und Wort Propaganda zu machen suchte. Die Stärke der Attraction von Mond und Sonne auf das Erdinnere wird von Falb für die verschiedensten Constellationen zu ermitteln gesucht und unter der Voraussetzung, daß das feuerflüssige Erdmagma in stärkeren und schwächeren Fluthwellen dieser Anziehung folge und zuweilen den Widerstand der festen Erdkruste zu überwinden im Stande ist, namentlich wenn der Druck der erkaltenden Erdrinde auf das Magma mitwirkt, soll es in die vorhandenen Spalten und Hohlräume der letzteren emporgepreßt werden und unterirdische, von Erdbeben begleitete vulkanische Eruptionen verursachen. Indem Falb den Eintritt besonders starker Fluthwellen des Erdmagma astronomisch bestimmt, kommt er naturgemäß auch zu dem Ergebniß, daß sich die Erdbeben an bestimmten „kritischen“ Tagen oder Perioden mit großer Wahrscheinlichkeit voraussagen lassen. Wird die Einwirkung der Sonnen- und Mondanziehungen auf das Erdinnere von einer Anzahl Astronomen und Geologen, wie J. Schmidt, C. F. Naumann, v. Lasaulx, Pilar u. A. auch bereitwillig anerkannt, so erheben sich doch gegen die Falb'sche Theorie ernste Bedenken, denen C. W. Fuchs[191]), Hoernes[192]) und Toula[193]) vielleicht zu schroffen Ausdruck verliehen. Der Haupteinwurf besteht darin, daß, wie namentlich Hoernes betont, das Vorhandensein eines gluthflüssigen, leicht beweglichen Magmas keineswegs erwiesen ist, daß im Gegentheil sich die Stimmen für einen starren Zustand des Erdinnern beständig mehren.

Schon Fr. Hoffmann hatte bei den Erdbeben succussorische oder verticale, undulatorische oder wellenförmige und rotatorische oder wirbelartige Stöße unterschieden und bereits vielfache Angaben über die Verbreitung und Ausdehnung der Erdbeben gemacht, die durch spätere Beobachtungen beträchtlich vermehrt wurden. Jetzt werden in der Regel centrale und lineare Erdbeben unterschieden; bei den

ersteren pflanzen sich die Stoßwellen nach allen, bei den letzteren nach bestimmten Stoßlinien fort. Der in der Tiefe gelegene Herd eines Erdbebens wurde von Seebach Centrum, der darüber an der Oberfläche befindliche Mittelpunkt eines Erschütterungskreises Epicentrum, die durch gleichzeitig erschütterte Punkte gezogenen Linien Homoseisten oder Isoseisten genannt. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß nur für wenige Fälle ein wirkliches Erdbebencentrum, von welchem die Stöße nach allen Seiten ausgehen, nachgewiesen werden konnte. In manchen Fällen, z. B. bei dem Agramer Beben (1880), traten die Stöße auf einem größeren Gebiet mit fast gleicher Stärke gleichzeitig ein und sprechen demnach für einen flächenartigen Erdbebenherd. Zur Bestimmung der Erdbebenwirkungen an der Erdoberfläche stellten F. A. Forel und Rossi eine Skala auf, welche in 10 Abstufungen die Heftigkeit der Erschütterungen classificiert.

Die jetzigen Erfahrungen über Erderschütterungen haben zu einer Eintheilung in vulkanische, Einsturz- und tektonische Erdbeben geführt. Vulkanische Erdbeben begleiten in der Regel die Eruptionen thätiger Feuerberge, treten aber auch unabhängig von diesen in vulkanischen Gebieten auf. Daß hier die Ursache der vulkanischen Thätigkeit mit jener der Bodenerschütterung zusammenfällt, wurde von jeher anerkannt. Ebenso besteht über die Deutung gewisser, jedoch meist wenig ausgedehnter Erdbeben als Einsturzerschütterung kein Zweifel. Sie sind vornehmlich durch Necker de Saussure, Boussingault, G. Bischof, Volger, Mohr und Marenzi zur Anerkennung gebracht worden. Als tektonische Beben faßte R. Hoernes die mit Verschiebungen, Zerreißungen, Senkungen oder sonstigen Auslösungen von Spannungen innerhalb der festen Erdkruste zusammenhängenden Erschütterungen zusammen. F. Toula hat für diese Erschütterungen die Bezeichnung Dislocationsbeben vorgeschlagen, worin ihm Hoernes in seiner Erdbebenkunde folgt. Es hatte übrigens schon C. F. Naumann erkannt, daß, entgegen der Humboldt'schen Meinung, gewisse Erdbeben unabhängig von vulkanischen Erscheinungen eintreten und darum eine Eintheilung in vulkanische und plutonische Beben vorgeschlagen. Auch v. Seebach nahm in seiner oben genannten wichtigen Abhandlung über das mitteldeutsche Erdbeben für gewisse Erderschütterungen die Schwerkraft der Erde in Anspruch.

Entscheidend für die heutigen Anschauungen über Dislocationsbeben wirkten die zwei bereits genannten Abhandlungen von Ed. Sueß

über die Erdbeben in Niederösterreich und Süditalien (1873 und 1874). Hier zeigte der Wiener Geologe, wie sich die Erschütterungen stets längs gewisser Linien wiederholen und darum am besten durch Verschiebungen und Brüche der Erdkruste zu erklären seien. Daß die Mehrzahl der Erdbeben in nicht vulkanischen Gebieten durch Dislocationen und Bewegungen in der Erdkruste verursacht sind, wird gegenwärtig ziemlich allgemein angenommen, namentlich seit durch Gilbert[194]) in Californien, durch Griesbach[195]) in Beludschistan, durch Kotô[196]) in Japan, durch Skuphos und Mitzopulos die Entstehung ausgedehnter Spalten an der Erdoberfläche in Folge von Erdbeben nachgewiesen werden konnte. Dauernde Veränderungen in den Niveauverhältnissen, namentlich Senkungen, wurden übrigens schon von jeher als Nachwirkungen von Erderschütterungen geltend gemacht. Beim Erdbeben von Lissabon versank der Kai mit allen daran befestigten Schiffen und Tausenden von Menschen in's Meer. Nach dem calabrischen Erdbeben im Jahre 1783 entstanden mehr als 200 Seen und Moräste. Im Jahre 1819 wurde nach Lyell durch ein Erdbeben am östlichen Mündungsarm des Indus ein Areal von 2000 engl. Quadratmeilen in einen See verwandelt. Auch in den Mississippiniederungen, in China, Syrien und Chile konnten Senkungen nach Erdbeben constatiert werden. Weniger sicher verbürgt sind Hebungen als Folge von tektonischen Erdbeben. Die meisten und bekanntesten Nachrichten über solche Erscheinungen stammen aus Chile. Sie sind jedoch, wie Sueß[197]) gezeigt, mangelhaft beglaubigt, obwohl kein Geringerer als Charles Darwin[198]) als Gewährsmann dafür eintritt. C. W. Fuchs[199]) behauptet, daß, seitdem Erdbeben wissenschaftlich beobachtet und deren Erscheinungen und Folgen untersucht werden, sich auch nicht ein einziger Fall von Hebung mit Sicherheit zugetragen hat.

Secundäre Erschütterungen außerhalb des eigentlichen Bereiches eines Hauptbebens wurden von Lasaulx „Relaisbeben" genannt. Mit den sogenannten Seebeben beschäftigten sich Rudolph[200]) und E. Geinitz, und in neuester Zeit hat der Geograph Gerland in Straßburg eine Centralstation für Erdbebenuntersuchungen errichtet. Eine auf umfassende Literaturkenntniß gestützte Darstellung des jetzigen Standes unseres Wissens über Erdbeben von Siegmund Günther[201]) verdient rühmliche Erwähnung.

Anmerkungen zum 3. Kapitel der 4. Periode.
Abschnitt e und f.

¹) Humboldt's Beobachtungen und Anschauungen über Vulkane finden sich vorzüglich im ersten Band seiner „Reise in die Aequinoctialgegenden" (1815); ferner in der großen Ausgabe der ›Voyage aux régions équinoxiales‹ nebst dem dazu gehörigen ›Atlas pittoresque‹; sodann im ›Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne‹ (Paris 1811, 5 Bände), in den „Ansichten der Natur" (Stuttgart 1808), in den „Kleineren Schriften" (Stuttgart 1853) und in einer Abhandlung „über den Bau und die Wirkungsart der Vulkane in verschiedenen Erdstrichen". (Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1823.)

²) Abhandlungen der physik. Classe der Berliner Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1812 bis 1813. Berlin 1816.

³) v. Buch Leop. Physikalische Beschreibung der canarischen Inseln. Berlin 1825, mit Atlas. (Französische Uebersetzung von C. Boulanger. Paris 1836, mit Zusätzen und Berichtigungen durch den Autor.)

⁴) In Leonhard's Taschenbuch der Mineralogie 1821 S. 391 abgedruckt.

⁵) Steininger Joh. Die erloschenen Vulkane in der Eifel und am Niederrheine. Mainz 1820. 8°. — Neue Beiträge zur Geschichte der rheinischen Vulkane. Mainz 1821. 8°.

⁶) Steininger Joh. Bemerkungen über die Eifel und Auvergne. Mainz 1824.

⁷) G. Poulett-Scrope. Considerations on Volcanos, the probable causes of their phaenomena, the laws which determine their march, the disposition of their products and their connexion with the present state and past history of the Globe. London 1825. — 2d Edition 1862; ins Deutsche übersetzt von Klöden. Berlin 1872.

⁸) On the Geology and extinct Volcanos of Central France, including the volcanic Formations of Auvergne, the Velay, and the Vivarais. London 1827. 4° mit Atlas in Querfolio. — 2d Edition 1858. 8°.

⁹) Daubeny Charles. Description of active and extinct Volcanos, of Earthquakes and of thermal Springs etc. London 1826. 2d Edit. 1848.

¹⁰) Poggendorff's Annalen der Physik (Bd. CII).

¹¹) Bulletin de la Société géologique de France (Bd. III 1833).

¹²) Karsten's Archiv für Mineralogie (Bd. XIII. 1839).

¹³) Ein erster Bericht findet sich 1831 im 24. Band der Annales des Sciences naturelles. Die ausführliche mit Karten, Profilen und Abbildungen ausgestattete Abhandlung wurde 1835 in den Mémoires de la Soc. géolog. de France 1ère sér. vol. II. S. 91 veröffentlicht.

¹⁴) Bull. Soc. géol. de France vol. III. S. 287 u. 302.

¹⁵) Bull. Soc. géol. de France 1833. III. S. 103.

¹⁶) Mém. sur les groupes du Mont Dore et du Cantal et sur les soulèvements auquels ces montagnes doivent leur relief. Ann. des mines 3ème sér. III. und Bull. Soc. géolog. de France 1833. III. S. 205—274.

[17]) v. Buch. Ueber Erhebungskrater und Vulkane, gelesen in d. k. Akad. der Wissenschaften in Berlin am 26. März 1835 (Poggendorf's Annalen der Physik u. Chemie 1836. Bd. 37).

[18]) Annales des Mines 1836. 3ème sér. IX u. X.

[19]) ibid. XI. p. 113, 369—389.

[20]) Abich H. Vues illustratives sur le Vesuv et l'Aetna. Paris 1836. (Deutsch 1837 unter dem Titel Erläuternde Abbildungen geologischer Erscheinungen mit 10 Tafeln.) — Geologische Betrachtungen über die vulkanischen Erscheinungen und Bildungen in Unter- und Mittelitalien. 1841.

[21]) Landgrebe Georg. Naturgeschichte der Vulkane und der damit in Verbindung stehenden Erscheinungen. Gotha 1855. 2 Bände.

[22]) Lyell Ch. On the structure of Lavas consolidated on steep slopes and on the Etna. London 1859.

[23]) Quarterly Journal geol. Soc. London 1856. XII. S. 326 und 1859. XV. S. 505.

[24]) Hartung Georg. Betrachtungen über Erhebungskrater, ältere und neuere Eruptivmassen, nebst einer Schilderung der Insel Gran Canaria. Leipzig 1862.

[25]) Dana J. and Wilkes. U. S. Exploring Expedition. Geology. New York 1849 und American Journal of Sciences. Bd. 33—36.

[26]) Junghuhn F. Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Leipzig 1852—1853 (nach der zweiten Auflage des holländischen Originals ins Deutsche übersetzt von Haßkarl).

[27]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1866. Bd. XVIII. S. 643.

[28]) Heim A. Der Vesuv im April 1872. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1872.

[29]) Roth Justus. Der Vesuv und die Umgebung von Neapel. Berlin 1857.

[30]) Johnston-Lavis H. J. The South Italian Volcanos. Naples 1891. Mit 16 Tafeln. — Geological Map of Monte Somma and Vesuvius constructed 1880—1888. Im Maßstab von 1 : 1000. 16 Blätter.

[31]) Fuchs C. W. C. L'Isola d'Ischia. Monografia e carta geologica (1 : 25000). Mem. Comitato geol. d'Italia 1872 (der Text in deutscher Sprache auch in Tschermak's mineralog. Mittheilungen 1872).

[32]) Mercalli G. L'Isola d'Ischia. Milano 1884.

[33]) Doelter C. Die Vulkangruppen der pontinischen Inseln. Denkschrift der k. k. Akademie in Wien. Bd. XXXVI. 1875.

[34]) Sartorius v. Waltershausen W. Atlas des Aetna mit Text. Weimar 1840—1861. — Der Aetna. Nach den Manuscripten des Verfassers herausgegeben von A. v. Lasaulx. Leipzig 1880. 2 Bände mit 34 Tafeln.

[35]) Cortèse e Sabatini. Isole Eolie. Roma 1892.

[36]) Judd J. W. Contributions to the Study of Volcanos. Geol. Mag. 1875.

[37]) Sueß E. Antlitz der Erde. I. S. 114.

[38]) Abich H. Geologische Beobachtungen über die vulkanischen Erscheinungen und Bildungen in Unter- und Mittelitalien. Braunschweig 1841.

[39]) Rath G. v. Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. I—VI. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1866. Bd. XVIII.

[40]) Zezi V. Bull. comit. geol. Ital. 1876. VII.

[41]) Branco W. I Volcani degli Ernici. Mem. Accad. Lincei 1876/77. (Die Vulkane des Hernikerlandes. N. Jahrb. für Mineralogie ꝛc. 1877.)

[42]) Fouqué. Santorin et ses éruptions. Paris 1878. Mit 53 Tafeln und 4 Karten.

[43]) Schmidt Jul. Vulkanstudien. Santorin. Leipzig 1874.

[44]) Fritsch, Reiß und Stübel. Santorin. Die Kaimeni-Inseln. Heidelberg 1867. Mit 4 Tafeln. — Geschichte und Beschreibung der vulkanischen Ausbrüche bei Santorin. Heidelberg 1868.

[45]) Seebach K. v. Ueber den Vulkan Santorin und die Eruption von 1866. Göttingen 1867. Mit Karte und 4 Tafeln.

[46]) Krug v. Nidda. Geognostische Darstellung der Insel Island in Karsten's Archiv 1834. Bd. XVII.

[47]) Robert Eugène. Voyage en Islande et au Grönlande, exécuté pendant les années 1835. Paris 1840. Mit Atlas.

[48]) Bunsen Rob. Poggendorff's Annalen 1851. Bd. LXXXIII. S. 197 bis 272.

[49]) Sartorius v. Waltershausen W. Physisch-geographische Skizze von Island, mit besonderer Rücksicht auf vulkanische Erscheinungen. Göttingen 1847.

[50]) Zirkel Ferd. De geognostica Islandiae constitutione observationes. Dissert. Bonn 1861.

[51]) Winkler G. Island. Der Bau seiner Gebirge und dessen Boden. München 1863.

[52]) Helland Am. Lakis Kratere og Lavaströmme. Universitätsprogramm. Christiania 1885.

[53]) Thoroddsen Th. Bihang till Svensk. Vet. Akad. Handl. 1888. XVI u. XVII. — Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde. Berlin 1894 u. 1895.

[54]) Beiträge zur Geologie der Insel Island. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1886. S. 376.

[55]) Reiß W. Diabas und Lavenformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861.

[56]) Fritsch, G. Hartung und W. Reiß. Tenerife, geologisch-topographisch dargestellt. Ein Beitrag zur Kenntniß vulkanischer Gebirge. Winterthur 1867 u. 1868. Mit Karte und 8 Tafeln.

[57]) Hartung G. Die Azoren in ihrer äußeren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur. Leipzig 1860.

[58]) Dölter C. Die Vulkane der Capverden und ihre Producte. Graz 1882. Mit 3 Tafeln und 1 geolog. Karte.

[59]) vom Rath Gerh. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1824. Bd. XVI.

[60]) Reyer E. Die Euganeen. Bau und Geschichte eines Vulkans mit geolog. Karte. Wien 1877.

61) Sueß E. Der Vulkan Venda bei Padua. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie 1875. Bd. LXXI.

62) Burat Amédée. Description des terrains volcaniques de la France centrale. Paris 1833.

63) Dufrénoy et Elie de Beaumont. Explication de la carte géologique de la France 1841. vol. I.

64) Rozet. Sur les Volcans de l'Auvergne. Mém. Soc. géol. de France 1844. vol. I.

65) Lecoq. Les époques géologiques de l'Auvergne. Paris 1865. 5 Bände.

66) Boule M. Description géologique du Velay. Bull. du Service de la Carte géol. de la France No. 28. 1892.

67) Hibbert. History of the extinct volcanos of the Basin of Neuwied on the lower Rhine. Edinburgh and London 1832.

68) Nöggerath Jac. Das Gebirge in Rheinland-Westphalen. 4 Bände. 1822—1826.

69) v. Dechen H. Geognostische Beschreibung des Siebengebirgs am Rhein. Zur Erläuterung der in Berlin herausgegebenen Karte. Verh. des naturh. Ver. für Rheinl. u. Westfalen 1852. — Geognostischer Führer in das Siebengebirge am Rhein mit mineral.-petrogr. Bemerk. von G. vom Rath. Bonn 1861. — Geognostischer Führre zu der Vulkanreihe der Vordereifel. Bonn 1861. — Geognostischer Führer zu dem Laacher See und seiner vulkanischen Umgebung. Bonn 1864. — Ueber die Lagerung der trachytischen Gesteine im Siebengebirg. Sitzungsber. d. nat. Ver. Rheinland-Westfalen. 1879. S. 408.

70) Mitscherlich R. Die vulkanischen Gesteine des Roderberges. Zeitschrift d. deutschen geol. Ges. 1863. S. 367. — Ueber die vulkanischen Erscheinungen in der Eifel, herausgegeben von J. Roth. Abhandl. d. Akad. d. Wissenschaften Berlin. 1865. Mit 5 Karten.

71) Vogelsang H. Die Vulkane der Eifel. Haarlem 1864.

72) Dressel L. Die Basaltbildungen in ihren einzelnen Umständen erläutert. Haarlem 1866. — Geognostische Skizze der Laacher Vulkangegend. Münster 1871.

73) v. Dechen H. Geologische Uebersicht der Rheinprovinz und Westfalen. 1884. S. 84.

74) Leonhard K. C. v. Die Basaltgebirge in ihren Beziehungen zu normalen und abnormen Felsmassen. Stuttgart 1832.

75) Leonhard K. C. v. Die Phonolithberge der Rhön mit geolog. Karte. Zeitschr. für Mineralogie 1827.

76) Gutberlet W. Ueber Phonolithe und Trachyte der Rhönberge. N. Jahrb. für Mineralogie 1845. — Ueber die Rhön, mit geognostischer Karte. Aachen 1849.

77) Gümbel C. W. Vulkanische Bildungen des Rhöngebirges. Bavaria. Bd. IV. 1866.

78) Fraas O. Begleitworte zu Atlasblatt Heidenheim. 1868. — Deffner und O. Fraas. Begleitworte zu Blatt Bopfingen. 1877.

[79]) Gümbel C. W. Ueber den Riesvulkan. Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wissenschaften 1870.

[80]) Branco W. Schwabens 125 Vulkan-Embryoceen. Stuttgart 1894.

[81]) Schill F. N. Jahrbuch für Mineralogie 1865.

[82]) K. v. Fritsch ibid. 1865.

[83]) Fraas O. Begleitworte zum Atlasblatt Hohentwiel. Stuttgart 1879.

[84]) Schalch Fr. Das Gebiet nördlich vom Rhein. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Bern 1883.

[85]) Eisenlohr O. Geognostische Beschreibung des Kaiserstuhls bei Freiburg im Breisgau. Dissert. Karlsruhe 1829.

[86]) Schill J. Das Kaiserstuhlgebirge mit geolog. Karte und Profilen in G. Leonhard's Beiträgen zur mineralog. u. geognost. Kenntniß des Großherzogthums Baden. 1853 u. 1854.

[87]) Ries Fr. Geognostische Skizze des Kaiserstuhlgebirges im badischen Breisgau. Heidelberg 1862.

[88]) Rosenbusch H. Petrographische Studien an den Gesteinen des Kaiserstuhls. N. Jahrb. f. Min. 1872.

[89]) Steinmann G. u. Graeff Fr. Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg. Freiburg 1890. — Graeff Fr. Zur Geologie des Kaiserstuhls. Mittheil. der bad. geolog. Landesanstalt II. 1892.

[90]) Knop A. Der Kaiserstuhl im Breisgau. Eine naturwissenschaftliche Studie. Leipzig 1892.

[91]) Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1894.

[92]) Marzari-Pencati Gius. in venezianischen Zeitungen und 1823 in Leonhard's mineralog. Taschenbuch S. 630.

[93]) Buch Leop. v. Tiroler Bote 25. October 1821 (gesammelte Werke III. S. 34).

[94]) Gelesen in der Berliner Akademie am 31. Jan. 1822 u. 6. Febr. 1823 (ges. Werke III. S. 55 u. 92).

[95]) Leonhard's mineralog. Taschenbuch 1824. S. 343 (ges. Werke III. S. 141).

[96]) Studer B. in Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie 1829. S. 256.

[97]) Klipstein A. v. Beiträge zur geologischen Kenntniß der östlichen Alpen. Gießen 1843.

[98]) Richthofen Ferd. v. Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seißer Alp in Südtyrol. Gotha 1860.

[99]) Cotta B. v. N. Jahrb. für Mineralogie 1863. S. 21.

[100]) Annales des Mines 1864. Bd. VI.

[101]) Doelter C. Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-phys. Cl. 1876. Bd. 74.

[102]) Reyer Ed. Predazzo. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1881. 1.

[103]) Mojsisovics Ed. Die Dolomitriffe von Südtyrol und Venetien. Wien 1879.

[104]) Brögger W. C. Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtyrol. Christiania 1895.

[105]) Boué Ami. Essai géologique sur l'Écosse. Paris 1820.

[106]) Karsten's Archiv 1826. Bd. I. S. 56.

[107]) Quart. journ. geol. Soc. 1851. vol. VII. S. 104.

[108]) ibid. 1874. Bd. XXX. S. 220.

[109]) Geikie Archibald. The History of Volcanic Action during the tertiary Period in the British Isles. Trans. Roy. Soc. Edinburgh. 1890. Bd. XXXV. S. 21—184. — The Tertiary Basalt-Plateaux of North Western Europe. Quart. Journ. geol. Soc. 1896. vol. 52. S. 331. — The Ancient Volcanos of Great Britain. London 1897. 2 Bände.

[110]) Abich Hermann. Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus, wie der armenischen und nordpersischen Gebirge. Prodromus einer Geologie der kaukasischen Länder. Mém. Acad. des Sc. St. Petersburg 1859. IX. — Geologische Forschungen in den kaukasischen Ländern. II. Theil. Geologie des armenischen Hochlandes. Wien 1882. 4°.

[111]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1878. Bd. 28.

[112]) Lartet L. Essai sur la Géologie de la Paléstine etc. Ann. Sc. géol. 1869.

[113]) Diener C. Libanon. Grundlinien der physischen Geographie und Geologie von Mittelsyrien. Wien 1886.

[114]) Naumann E. Die Vulkaninsel Ooshima. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1877. S. 364. — Fujisan. Jahresber. der Münchener geogr. Gesellschaft. XII. 1888. — Ueber den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln. Berlin 1885.

[115]) Milne. On the form of Volcanoes. Geol. Magaz. Dec. II. vol. V u. VI.

[116]) Wada. Notes on Fujiyama. Trans. Seismol. Soc. of Japan. vol. VI.

[117]) Junghuhn J. Java. Deszelfs gedaante, bekleeding en inwendige Structur. Amsterdam 1850—1853.

[118]) Stöhr E. Der Vulkan Tengger auf Ostjava. Dürkheim 1862. — Die Provinz Banjuwangi in Ostjava mit der Vulkangruppe Idjen-Raun. Abhandlungen der Senkenberg. Gesellschaft 1874. Bd. IX.

[119]) Verbeek R. D. M. Krakatau. Batavia 1884—1885.

[120]) Dutton Cl. Edw. The Hawaian Volcanos. 4th Ann. Rep. U. S. geol. Survey. Washington 1884.

[121]) Darwin Ch. Geological Observations on the Volcanic Islands, visited during the voyage of H. M. S. Beagle. London 1844.

[122]) Hochstetter Ferd. v. Reise der österr. Fregatte Novara. Geologischer Theil. Bd. I. Geologie von Neuseeland. Wien 1864. — Neuseeland. Stuttgart 1863.

[123]) Russell Israel C. Quarternary History of Mono Valley, California 8th Ann. Rep. U. S. geol. Survey part. 1. Washington 1889.

[124]) 7th and 12th Ann. Rep. U. S. geol. Survey. 1888 u. 1891.

[125]) Dutton Clar. E. Tertiary History of the Grand Cañon District. Monographs of the U. S. Geol. Survey. Washington 1882.

[126]) Gilbert C. Report on the Geology of the Henry Mountains. Monograph of the U. S. geograph. and geolog. Surv. of the Rocky Mountains. Washington 1877.

[127]) Cross Whitman. The laccolitic Mountain Groups of Colorado, Utah and Arizona. 14th Ann. Rep. U. S. geol. Survey 1895.

[128]) Sueß Ed. Antlitz der Erde. Bd. I. S. 195.

[129]) Reyer E. Theoretische Geologie. 1888. S. 135.

[130]) Felix und Lenk. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico. Stuttgart 1888—1891.

[131]) Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1893. Bd. 45.

[132]) Dollfuss-Montserrat. Voyage géologique dans les Républiques de Guatemala et San Salvador. Paris 1868.

[133]) In Petermann's geogr. Mittheilungen 1894, 1895 u. 1897 und in der Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellsch. 1893.

[134]) Wagner-Scherzer. Die Republik Costarica in Centralamerika. Leipzig 1856.

[135]) v. Seebach, H. Wagner und Langenbeck. Ueber Vulkane Centralamerikas. Göttingen 1892.

[136]) Stübel Alphons. Die Vulkanberge von Ecuador. Geologisch-topographisch aufgenommen und beschrieben. Mit Karte. Berlin 1897.

[137]) Volger. Erde und Ewigkeit. 1857.

[138]) Mohr Fr. Geschichte der Erde. Bonn 1866. S. 313—330.

[139]) Pfaff Fr. Die vulkanischen Erscheinungen. München 1871.

[140]) Mallet Rob. Volcanic energy: an attempt to develop its true origin and cosmical relations. Phil. Trans. Royal Society 1873. vol. 163. I. p. 147—227. (Ins Deutsche übersetzt von A. v. Lasaulx. Verhandlungen des naturhist. Ver. für Rheinland u. Westfalen. Bonn 1875.)

[141]) Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1875. S. 550.

[142]) Geol. Magaz. 1874. (2. Dec.) I. S. 28.

[143]) Géologie comparé. Paris 1874.

[144]) Beitrag zur Physik der Eruptionen und Eruptivgesteine. Wien 1877.

[145]) Sueß Ed. Das Antlitz der Erde. Bd. I. S. 190—223.

[146]) Reyer E. Theoretische Geologie. Wien 1888.

[147]) Bischof G. Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers. 1837. S. 268 ff.

[148]) Bull. Soc. géol. de France 1842. XIII. S. 185. 1843. XIV. S. 43.

[149]) Sitzungsber. d. Wiener Ak. II. Cl. 1870. S. 77.

[150]) ibid. 1884.

[151]) Lenz. Mém. Acad. St. Petersbourg 1830.

[152]) Verneuil de. Mémoire géologique sur la Crimée. Mém. Soc. géol. de France 1838. vol. III.

[153]) Huot. Voyage dans la Russie méridionale sous la direction de M. de Demidoff. 1842. vol. II. S. 243.

[154]) Dubois de Montpérieux. Voyage autour du Caucase. Paris 1840—1843. vol. V. p. 26.

[155]) Sitzungsber. d. k. bayer. Ak. d. Wissenschaften 1881.

[156]) Pfaff Fr. Die vulkanischen Erscheinungen. München 1874.

[157]) Fuchs K. W. Vulkane und Erdbeben. Internationale wissenschaftl. Bibliothek. Leipzig 1875.

[158]) Velain. Les Volcans, ce qu'ils sont et ce qu'ils nous apprennent. Paris 1884.

[159]) Judd J. W. Volcanoes, what they are and what they teach. London 1888. (International scientif. ser.)

[160]) Dana J. D. Characteristic of Volcanoes. London 1890.

[161]) Reusch H. Ueber Vulkanismus. Deutsch von Hermann. 1883.

[162]) Hull E. Volcanoes. Past and Present. London 1892.

[163]) Eine Uebersicht der im Alterthum und Mittelalter herrschenden Meinungen über Erdbeben findet sich in R. Hoernes' Erdbebenkunde. Leipzig 1893.

[164]) Humboldt Al. v. Reise in die Aequinoctialgegenden des neuen Continents. Bd. I. 1815.

[165]) Boegner J. Das Erdbeben und seine Erscheinungen. Nebst einer chronologischen Uebersicht der Erderschütterungen im mittleren Deutschland vom 8. Jahrhundert bis auf die neueste Zeit und ihres Zusammenhanges mit vulkanischen Erscheinungen in entfernten Ländern. Frankfurt a. M. 1847.

[166]) Retoliczka Eugen. Ueber Erdbeben und Vulkane. Wien 1858.

[167]) Kluge Emil. Ueber die Ursachen der in den Jahren 1850 bis 1857 stattgefundenen Erderschütterungen und die Beziehungen derselben zu den Vulkanen und der Atmosphäre. Stuttgart 1861. — Ueber Synchronismus und Antagonismus von vulkanischen Eruptionen. Leipzig 1863.

[168]) Comptes rendus Acad. Sc. 1841. XIII. p. 899; 1842. XV. p. 643; 1843. XVII. p. 608; 1844. XVIII. p. 393 u. XX. p. 1444; 1847. XXIV. p. 822. — Mém. sur les tremblements de terre ressentis en France, en Belgique et en Hollande, depuis le IVème siècle jusqu'à l'année 1843. Mémoires couronnés par l'Académie de Bruxelles. XVIII. 1845. — Propositions sur les tremblements de terre et les volcans. Paris 1863. — Außerdem verschiedene Abhandlungen in Gesellschaftsschriften von Lyon, Epinal und Dijon.

[169]) Mallet Rob. and J. W. Earthquake Catalogue. London 1858.

[170]) Muschketow und Orloff. Katalog der Erdbeben im russischen Reich. St. Petersburg 1894 (in russischer Sprache).

[171]) O. Volger. Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz. Gotha 1857—1858. 3 Bände.

[172]) de Rossi. Meteorologia endogena. 2 vol. Milano 1879—1882.

[173]) Baratta. Il Terre moto Garganico. Bull. Soc. geol. Ital. vol. VII. S. 409.

[174]) Mallet Rob. The great Neapolitan earthquake of 1857. London 1862.

[175]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1873. S. 70.

[176]) Bittner Alex. Beiträge zur Kenntniß des Erdbebens von Belluno. Sitzungsberichte der Akad. d. Wiss. Wien 1874. Bd. 69.

[177]) Falb R. Gedanken und Studien über den Vulkanismus, mit besonderer Beziehung auf das Erdbeben von Belluno. Graz 1875.

[178]) Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1876. Bd. 74.

[179]) Hoernes Rud. Erdbebenstudien. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1878. Bd. 28.

[180]) E. Sueß. Die Erdbeben Niederösterreichs. Denkschrift der Akademie Wien 1873. Bd. 33. — Die Erdbeben des südlichen Italien. ibid. 1874. Bd. 34.

[181]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1871. Bd. 21.

[182]) Seebach K. v. Das mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872. Leipzig 1873.

[183]) Lasaulx A. v. Das Erdbeben von Herzogenrath. Bonn 1873 u. 1878.

[184]) Höfer H. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1878.

[185]) Zeitschr. für ges. Naturw. Bd. 48 u. 57. 1876 u. 1884.

[186]) Sitzungsber. der k. bayer. Akad., math.-phys. Cl. 1889. S. 79.

[187]) Wähner F. Das Erdbeben von Agram. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissenschaften. Wien 1883.

[188]) Pilar G. Grundzüge der Abyssodynamik. Agram 1881.

[189]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1896. Bd. 46.

[190]) Falb Rud. Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche. Graz 1869. — Gedanken und Studien über den Vulkanismus. Graz 1875.

[191]) N. Jahrb. für Mineralogie 1872. S. 718.

[192]) Hoernes Rud. Die Erdbebentheorie Rud. Falb's und ihre wissenschaftliche Grundlage. Wien 1881.

[193]) Toula Franz. Ueber den gegenwärtigen Stand der Erdbebenfrage. Vortrag. Wien 1881.

[194]) Gilbert K. A Theory of the Earthquakes of the great Basin. Amer. Journ. of Sc. 1884. XXVII.

[195]) Griesbach C. L. Notes on the Earthquake in Baluchistan 1892. Rec. Geol. Survey India. 1893. XXVI. S. 57.

[196]) Koto B. The cause of the great Earthquake in Central Japan 1891. Journal College of Science. Imp. Univ. Japan. 1893. Bd. V.

[197]) Sueß Ed. Antlitz der Erde. 1885. Bd. I. S. 124—137.

[198]) Darwin Charles. Geological Observations on South America. 1846. (Uebersetzt von V. Carus. Stuttgart 1878.)

[199]) Fuchs C. W. Vulkane und Erdbeben. 1875. 178.

[200]) Rudolph E. Ueber submarine Erdbeben. Beiträge zur Geophysik I u. II. Stuttgart 1887 u. 1888.

[201]) Günther Siegm. Handbuch der Geophysik. Bd. I. S. 435—504. Stuttgart 1897.

g) Strandverschiebungen. Hebungen und Senkungen der Erdkruste.

Aus der Verbreitung der sedimentären Gesteine ergibt sich mit aller Bestimmtheit die Thatsache, daß in früheren Erdperioden die Vertheilung von Festland und Meer eine ganz andere war als heutzutage, daß also offenbar sehr bedeutende Veränderungen in den Niveauverhältnissen der Erdkruste im Laufe der Zeit eingetreten sind. Ob aber auch jetzt noch solche Ereignisse stattfinden, ob sich gewisse Theile der Erdoberfläche selbständig heben oder senken, oder ob Bewegungen im Ozean Strandverschiebungen hervorrufen, ist eine schwer zu beantwortende und vielfach erörterte Frage. Im Innern der Festländer entziehen sich langsame und allmähliche Niveauveränderungen vollständig der direkten Beobachtung und auch topographische Karten gewähren darüber keinerlei sicheren Aufschluß, da erst seit etwa einem Jahrhundert genaue Höhenmessungen in einigermaßen genügender Zahl vorliegen. Für geologische Vorgänge bedeuten aber hundert Jahre kaum eine Sekunde in der menschlichen Geschichte. Leichter lassen sich Niveauveränderungen an den Meeresküsten nachweisen, doch bleibt es auch hier unsicher, ob die Bewegung im festen Land oder im Ozean vor sich geht, ob man es mit einer Hebung des Bodens oder mit einem Rückzug des Wassers zu thun hat; wenn sich auch am Meeresstrand jede Verschiebung in den Höhenverhältnissen sofort bemerkbar macht. Theile des festen Landes werden überfluthet oder das Wasser rückt scheinbar zurück und wandelt ehemaligen Meeresgrund in trockenes Land um. Ins Meer versenkte Wälder und Torfmoore, unter Wasser stehende alte Straßen oder sonstige Bauten weisen mit Bestimmtheit entweder auf eine Senkung des Festlandes oder ein Anschwellen des Meeres hin, während anderseits hochliegende oder vom jetzigen Ufer abgerückte Hafenbauten und Schiffstrümmer Zeugniß von einer in historischer Zeit eingetretenen Niveauveränderung im entgegengesetzten Sinne ablegen. Sehr charakteristische Beweise für Veränderungen im Wasserstand sind auch Küstenterrassen oder ehemalige Strandlinien, die zuweilen mehrere hundert Meter über dem jetzigen Meeresspiegel beobachtet werden. Trocken gelegte Deltaablagerungen hält man in der Regel für Hebungserscheinungen, während ins Meer fortsetzende Thalrinnen oder Fjorde, sowie Strommündungen ohne namhafte Sedimentablagerung in Gestalt von Delta's als Anzeichen für eine im Sinken begriffene Küste gelten.

Die ältesten direkten Beobachtungen über Niveauveränderungen rühren aus Skandinavien her. Schon 1702 hatte Hjärne bemerkt, daß an der schwedischen Küste mehrfach in Folge des Rückzuges des Meeres eine Vergrößerung des trockenen Landes stattfinde. Dies veranlaßte Celsius und Linné zu ihrer denkwürdigen Untersuchung über die Strandverschiebungen Skandinaviens. Sie ließen Marken bei Gefle und Kalmar in Felsen hauen, um die Veränderungen im Wasserstand bemessen zu können. In einer Abhandlung der schwedischen Akademie der Wissenschaften erklärte Celsius[1]) (1843) der Spiegel der Ostsee sei im Sinken begriffen. Einst vom Wasser bedeckte Klippen seien emporgetaucht, flache Küsten zurückgewichen, ehemalige Hafenplätze landeinwärts gerückt und trocken gelegt, alte Wassermarken hoch heraufgeschoben. Celsius schätzte die Senkung des Wasserspiegels in einem Jahrhundert auf 45 Zoll. Linné schloß sich den Anschauungen von Celsius vollständig an, dagegen erhoben der gelehrte Bischof Browallius (1756), E. O. Runeberg und der Däne Jessen (1763) Widerspruch. Letzterer meinte die Veränderungen an der schwedischen Küste seien einer Hebung des Bodens in Folge von Erdbeben zuzuschreiben. Fast 30 Jahre später (1792) suchte der Admiral Nordenankar das Sinken des Wasserspiegels durch einen Abfluß von Wasser aus der ursprünglich höher gelegenen Ostsee nach der Nordsee zu erklären. Einen sehr gewichtigen Einwurf gegen die Celsius'sche Hypothese machte (1802) Playfair[2]), indem er betonte, daß nach hydrostatischen Gesetzen das Sinken des Meeresspiegels gleichförmig vor sich gehen müßte, was nach den Celsius'schen Beobachtungen keineswegs der Fall sei. Playfair war darum der Ansicht, es könne sich nur um eine Hebung des Festlandes handeln, welche er durch die Expansivkraft von in der Tiefe erhitzten Gesteinsmassen erklärte. Unabhängig von Playfair war Leop. v. Buch auf seiner Reise nach Skandinavien (1807) ebenfalls zu dem Ergebniß gelangt, daß ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe und zwar im Norden mehr als im Süden, und daß auch Norwegen an der Bewegung theilnehme. Eine Erklärung dieser Erscheinung wußte übrigens v. Buch damals ebensowenig zu geben, wie K. v. Hoff, welcher (1822) nach einer kritischen Darstellung aller in historischer Zeit erfolgten Strandverschiebungen, anfänglich die angebliche Aufwärtsbewegung des skandinavischen Festlandes bestritt und die ganze Erscheinung als einen Versandungsvorgang erklärte, später aber (1834)

die Richtigkeit der v. Buch'schen Beobachtungen und Schlußfolgerungen anerkannte. Auch James Johnston[3]) und Ch. Lyell[4]) kamen (1834) nach einer sorgfältigen Prüfung aller Wasserstandsmarken, Uferterrassen und sonstigen Thatsachen zu der Ueberzeugung, daß sich die Ostküste von Schweden in langsamer Hebung befinde, daß aber dieser etwa 3 Fuß im Jahrhundert betragenden Bewegung eine Periode der Senkung vorausgegangen sei, die mindestens 64 Fuß betragen haben müsse. Die schon vorher von der Stockholmer Akademie in den Jahren 1820 und 1821 veranlaßte erneute Prüfung der Wasserstandsmarken hatte über die Strandverschiebungen Schwedens ohnehin keinen Zweifel mehr übrig gelassen. Auch die berühmten hochgelegenen Muschelbänke bei Uddewalla an der Westküste von Schweden, sowie die Strandterrassen mit Seemuscheln in Norwegen wurden von Leop. v. Buch, Al. Brongniart und Ch. Lyell als Beweise für die Hebung des Landes geltend gemacht. Der Chemiker Jakob Berzelius konnte sich mit der selbständigen Hebung des Festlandes nicht befreunden, sondern erklärte 1835 die beobachteten Strandverschiebungen durch ein Sinken des Meeresspiegels in Folge einer Schrumpfung der Erdkruste durch die allmähliche Abkühlung unseres Planeten. 1837 lieferte Professor Keilhau[5]) in Christiania eine Zusammenstellung aller in Norwegen beobachteter, auf die Küstenbewegung Norwegens bezüglicher Thatsachen, aus denen er ein Aufsteigen des Landes seit der Diluvialzeit um 470 bis 600 Fuß folgerte. E. Robert[6]), welcher der französischen Expedition nach Skandinavien und Lappland als Geologe angehörte, vervollständigte die Keilhau'sche Zusammenstellung durch eine Reihe von Beobachtungen in Finmarken und Lappland und zeigte die Ausbreitung der Strandterrassen über den ganzen Norden von Skandinavien. Zu einer bestimmten Ansicht über die Ursache dieses Phänomens scheint übrigens Robert nicht gekommen zu sein. Bravais[7]), ein anderes Mitglied der französischen Expedition, verfolgte während eines längeren Aufenthaltes in Finmarken zwischen dem Altenfjord und Hammerfest die Reste ehemaliger Strandlinien und beschrieb im Altenfjord mit großer Genauigkeit zwei übereinander liegende Terrassen, die nicht parallel laufen, sondern nach der Küste zu gegeneinander convergieren und an verschiedenen Theilen verschiedene Höhe zeigen. Diese Erscheinung wurde von C. F. Naumann[8]) als untrüglicher Beweis für die Hebung der Küste und gegen die Annahme eines Sinkens des Wasserspiegels erklärt. Einige

Bedenken gegen die Bravais'schen Beobachtungen und Schlüsse erhob im Jahre 1848 der Engländer R. Chambers[9]) in einem inhaltreichen Werk über frühere Strandlinien, worin er vorsichtiger Weise nicht von Hebungen und Senkungen der Küsten, sondern von Strandverschiebungen sprach. Auch Kjerulf[10]) bemängelt die Bravais'schen Beobachtungen, ohne jedoch die Thatsache einer Hebung des Festlandes in Zweifel zu ziehen. Die norwegischen Strandlinien sind bis in die neueste Zeit vielfach Gegenstand der Untersuchung geworden. Sexe[11]) suchte dieselben irrthümlicher Weise als Gletscherwirkungen zu deuten, wurde jedoch durch H. Mohn[12]) und Pettersen[13]), denen man wichtige Beiträge über diese Erscheinungen verdankt, eines Besseren belehrt. Eine gründliche, theils auf Litteratur, theils auf eigene Beobachtungen gestützte Darlegung der ganzen Strandlinienfrage in Norwegen veröffentlichte (1879 und 1881) R. Lehmann[14]) in Halle. Schon Pettersen hatte gezeigt, daß die norwegischen Strandlinien und Terrassen treppenartig in der Richtung von der Küste nach dem Binnenlande ansteigen, und daß die höchstgelegenen im Hintergrund der tief eingeschnittenen Fjorde zu finden sind. Diese Beobachtung fand durch die mehrjährigen Untersuchungen des schwedischen Geologen de Geer[15]) volle Bestätigung. Durch den Nachweis, daß sowohl in Norwegen wie in Schweden die höchsten Spuren des ehemaligen Meeresufers am weitesten in das Innere des Landes hereingerückt sind und durch Verbindung aller Punkte gleicher Hebung durch Curven (Isoanabasen) erhielt de Geer Ellipsen, deren große Axen ungefähr mit der Wasserscheide zwischen Schweden und Norwegen zusammenfallen. Daraus folgerte er eine seit der Eiszeit beginnende und jetzt fortdauernde beulenartige Hebung Skandinaviens, die im Centrum bis über 200 Meter beträgt. Zwischen der höchsten Hebung und dem Zustand der Jetztzeit glaubt übrigens de Geer eine Senkung constatieren zu können, auf welche sodann ein abermaliges Aufsteigen des Landes folgte.

War die Frage über noch jetzt stattfindende Dislocationen der Erdkruste zuerst in Skandinavien einer wissenschaftlichen Prüfung unterworfen worden, so regten auch die in Schottland verbreiteten hoch gelegenen Muschelbänke und Strandterrassen (Parallel Roads) zu ähnlichen Betrachtungen an. Jameson hatte schon 1806 am Firth of Forth und am Ufer des Clyde Ablagerungen mit recenten Muscheln beobachtet, jedoch keine Schlußfolgerungen daran geknüpft

und erst 1835 darüber berichtet. Von da an beschäftigten sich zahlreiche Geologen, wie Maclaren, Fleming, Thomson, Hamilton[16]), Prestwich[17]), R. Chambers u. A. mit diesen Muschelablagerungen. Die tiefer ins Land eindringenden Strandterrassen (Parallel roads) erkannte zuerst Mac Culloch[18]); später wurden sie von Ch. Darwin[19]), Agassiz[20]), Murchison[21]), Buckland, Lyell und neuerdings von J. Geikie eingehend beschrieben. Fast ohne Ausnahme deuten die genannten Autoren diese Bildungen als Beweis einer seit der Diluvialzeit eingetretenen Hebung des Landes.

Aehnliche Erscheinungen wie in Skandinavien und Schottland finden sich auch in Irland, England, Finland, am Eismeer, in Spitzbergen, Grönland, an der Ost- und Westküste von Nordamerika, in Patagonien, Argentinien, Chile und Peru, an den Südspitzen von Australien und Afrika. Auch für den pacifischen und indischen Ozean hatte Ch. Darwin zur Begründung seiner berühmten Hypothese über die Korallenriffe eine langsame Bodensenkung angenommen. Es verlohnt sich nicht, die Spuren ehemaliger Strandverschiebungen und sogenannter Hebungen oder Senkungen im Einzelnen zu verfolgen. Die Zusammenstellungen von O. Peschel[22]), El. Réclus[23]), R. Credner[24]), Hahn[25]) und Issel[26]) gewähren hierüber Aufschluß, zeigen aber auch, daß viele Angaben nur mit größter Vorsicht benützt werden dürfen. Ein gesetzmäßiges Resultat ergibt sich aus diesen Zusammenstellungen nicht. Hebungen und Senkungen werden in den verschiedensten geographischen Breiten, und häufig sogar in diametral entgegengesetztem Sinn aus ganz nahe gelegenen Gebieten angegeben. Wenn Dana[27]) 1849 durch seine Erfahrungen] im pacifischen Ozean zur Ansicht gelangte, es fände gegenwärtig in der Nähe des Nordpols eine Hebung des Festlandes, gegen den Aequator zu aber eine entgegengesetzte Bewegung statt, so konnte er sich dabei nur auf ein sehr ungenügendes Beobachtungsmaterial stützen. Immerhin steht aber fest, daß noch jetzt Strandverschiebungen vor sich gehen und daß dieselben seit der Diluvialzeit nicht selten eine Dislocation von 100—500 Metern hervorgebracht haben.

In vielen Fällen vollziehen sich diese Bewegungen ganz langsam und kaum bemerkbar, in anderen plötzlich und ruckweise. Für die ersteren schlug 1845 Sartorius v. Waltershausen[28]) die Bezeichnung säculäre, für die letzteren instantane Bodenschwankungen vor.

Für ruckweise Hebungen als Begleiterscheinung vulkanischer Eruptionen und Erdbeben hatten sich Al. v. Humboldt und L. v. Buch ausgesprochen und die Entstehung des Jorullo und der Insel Santorin als Belege dafür ins Treffen geführt. Diesen oft genannten und nichts beweisenden Ereignissen machte der im Jahre 1750 frei gelegte Serapistempel bei Pozzuoli den Rang streitig. Breislak glaubte schon 1803 in der französischen Ausgabe seiner Geologie die von Bohrmuscheln angefressenen Säulen dieses Tempels am besten durch eine anfängliche Senkung und spätere Hebung des Bodens erklären zu können, fand jedoch in Wolfgang v. Goethe[29]) einen entschiedenen Gegner. Der große Dichter wollte nichts von Oscillationen und „Heberei" wissen, hielt vielmehr die ehemalige Wasserbedeckung des Tempels für Folge einer Sturmfluth. Mit Entschiedenheit traten dagegen die Engländer J. Forbes (1829), Poulett-Scrope (1829), Babbage (1834), J. Smith und Ch. Lyell für Bodenbewegungen in entgegengesetztem Sinne ein. Babbage's gründliche Abhandlung wurde von Ch. Lyell bei der ausführlichen Besprechung des Serapeums in den Principles of Geology vielfach benützt und danach haben sich eine Anzahl hervorragender Autoren, wie Friedr. Hoffmann (1833), Dufrenoy (1838), Scacchi (1849) im gleichen Sinne ausgesprochen. Der Serapistempel fand nunmehr als Beweis für instantane Bodenbewegung Eingang in alle Lehrbücher der Geologie. Antonio Niccolini freilich, dessen Beobachtungen sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken, hat in einer Anzahl von Schriften, die zwischen 1838 und 1846 veröffentlicht wurden, immer und immer wieder die Ansicht vertreten, nicht das Festland habe sich bewegt, sondern der Wasserspiegel des Meeres sei gestiegen und gefallen.*) Ed. Sueß[31]) gelangt nach einer kritischen Auseinandersetzung der verwickelten Frage zu ähnlichen Ergebnissen wie Niccolini. Er zeigt, daß die Strandverschiebungen bei Pozzuoli beschränkt sind auf den flachen Vulkankegel der phlegräischen Felder und daß nach einem langsamen, mehrere Jahrhunderte dauernden Ansteigen des Wasserspiegels, plötzlich während oder unmittelbar nach der Eruption, welcher der Monte Nuovo seine Entstehung verdankt (1538), eine entgegen-

*) Nur als Curiosum mag die paradoxe Behauptung von D. Brauns[30]) Erwähnung finden, das Serapeum sei gar kein Tempel, sondern eine Piscine zur Aufbewahrung von Meerthieren gewesen, womit natürlich auch alle Folgerungen über Strandverschiebungen hinfällig würden.

gesetzte Bewegung eintrat, wodurch der Tempel wieder aus dem Wasser emporstieg.

Neben dem Serapeum spielt in der Geschichte der ruckweisen Hebungen des Festlandes die Westküste von Südamerika die Hauptrolle. Die ersten Nachrichten finden sich in einem Brief einer Frau Maria Graham an die geologische Gesellschaft in London, worin erwähnt wird, die Küste von Chile habe sich nach dem Erdbeben von Valparaiso im November 1822 auf eine ansehnliche Strecke um drei bis vier Fuß gehoben. Der deutsche Reisende Ed. Pöppig[32]) sammelte 1827 in der Bucht von Concon Aussagen von Fischern, die mit den Angaben der Frau Graham übereinstimmten. Capitän Belcher und der Conchyliologe Cuming bezweifeln die Richtigkeit dieser Beobachtungen und wollen nichts von Niveauveränderungen in Chile wissen. Im Jahre 1835 hatten Capitän Fitzroy und sein Begleiter Charles Darwin[33]) Gelegenheit, die Wirkungen eines heftigen Erdbebens in Chile zu beobachten. Auch sie berichten aus der Gegend von Concepcion und Valdivia über Dislocationen, wodurch einzelne Regionen und namentlich die Insel S. Maria um 8 bis 9 Fuß gehoben worden seien. Die Entdeckung zahlreicher Strandterrassen in verschiedener Höhe an der chilenischen Küste, von denen einige nach den späteren eingehenden Untersuchungen von d'Orbigny, Domeyko und Pissis bis 500 Meter ansteigen, hatte Darwin zu der Annahme rhapsodischer Hebungen geführt, deren Ursache er in den mit vulkanischen Eruptionen in Verbindung stehenden Erdbeben suchte. Erdbeben und vulkanische Thätigkeit sind aber für Darwin Aeußerungen ein und derselben Kraft und so begründete er auf seine directen Beobachtungen in Chile jene kühne Theorie[34]), wonach durch vulkanische Kraft Continente gehoben und Gebirge ruckweise aufgerichtet wurden.

Ueberblickt man die Literatur der Strandverschiebungen, so ergibt sich daraus ein Widerstreit der Meinungen, welcher fast so alt ist wie unsere Wissenschaft selbst. Schon Strabo zweifelte ebensowenig an der Hebung von Inseln, Bergen und Theilen des Festlandes wie an dem Einbruch und Versinken größerer und kleinerer Stücke des Landes. Athanasius Kircher berichtet ausführlich von versunkenen Inseln (Atlantis) und aus dem Meer aufgetauchten Ländern. Im vorigen Jahrhundert schrieben de Maillet und Buffon einer allmählichen Wasserverminderung des Ozeans die großartigen Veränderungen an der Erdoberfläche in früheren Perioden zu, während Lazzaro Moro

durch vulkanische Ereignisse sowohl die Hebung von festem Land, als auch das Ansteigen des Wasserspiegels zu erklären versuchte. Der Schweizer J. G. Sulzer deutete 1746 auf die Möglichkeit von Schwerpunktveränderungen hin, bedingt durch oberflächliche Massenverschiebungen und v. Justi (1771) glaubte an Wanderungen der Pole. Im Gegensatz zu diesen Speculationen hatte schon im Jahre 1702 der schwedische Physiker Hjärne den Weg der Beobachtung betreten, indem er Marken in Uferfelsen einhauen ließ, um die von Fischern bemerkten Schwankungen im Wasserstand der Ostsee zu ermitteln. Swedenborg meinte (1721), die Veränderungen ließen sich durch ungleiches Sinken des Meeres erklären. Nun folgten die bereits erwähnten Untersuchungen von Andreas Celsius und Carl Linné, welche (1743) gleichfalls zur Annahme eines Niedersinkens des Ostseespiegels führten. Die entgegengesetzte Ansicht, daß es sich hiebei um eine langsame Hebung des Festlandes und nicht um eine Erniedrigung des Wasserspiegels handle, wurde zuerst von Playfair (1802) und dann auf Grund eigener Beobachtungen von Leopold v. Buch (1807), Al. Brongniart und Ch. Lyell (1834) verfochten und damit der Elevationstheorie ziemlich allgemeine Anerkennung verschafft. Playfair hatte im Anschluß an Hutton die Expansivkraft unterirdisch erhitzter Gesteinsmassen zur Erklärung der Hebungserscheinungen angerufen; v. Buch enthielt sich anfänglich einer Hypothese, nahm aber später mit Al. v. Humboldt gespannte Dämpfe im Erdinnern und aufsteigende Eruptivgesteine als treibende Kraft in Anspruch. Babbage (1835), Lyell und Herschel (1837) suchten ähnlich wie Playfair in localer Erwärmung gewisser Theile der Erdkruste den Schlüssel für die Hebungserscheinungen zu finden. Berzelius (1835), Bronn[35]) und J. Dana führen die noch jetzt stattfindenden Strandverschiebungen auf eine Schrumpfung der Erdkruste zurück, deren Ursache in der fortschreitenden Abkühlung des Erdkerns zu suchen sei. Aehnliches meinte auch Ami Boué (1843 und 1848). Eine neue Theorie stellte G. Bischof[36]) auf. Nachdem er sich früher (Wärmelehre S. 299) zu Gunsten der Hutton'schen Expansivtheorie durch Wärme ausgesprochen hatte, schreibt er später die Hebungen und Senkungen chemischen Umwandlungen von Tiefengesteinen zu, wobei deren Volumen bald vergrößert, bald vermindert werde. Auch Volger, Mohr und K. Vogt suchen in der „Krystallisationskraft" das hebende Princip und glauben, die ursprünglich sedi-

mentären Gesteine Skandinaviens hätten sich nach und nach in krystallinische umgewandelt und dadurch eine Ausdehnung erlitten.

Gegen die Elevationstheorie wenden sich (1842) die Ausführungen des französischen Mathematikers J. Adhémar.[37]) Hatten die Anhänger der Hebungslehre die Ursache der Niveauveränderungen an der Erdoberfläche in unserem Planeten selbst gesucht, so glaubt sie Adhémar in außerirdischen Einflüssen gefunden zu haben. Indem er den Einfluß der Eigenwärme als gänzlich irrelevant bezeichnet und die klimatischen Verhältnisse an der Erdoberfläche lediglich der Wirkung von Sonnenwärme beimißt, sucht er aus dem jeweiligen Stand der Erde zur Sonne sowohl die periodisch eintretenden Eiszeiten als auch die damit zusammenhängenden Anschwellungen und Rückgänge des Ozeans zu erklären. J. Croll[38]) und Schmick[39]) schließen sich den Grundgedanken Adhémar's, allerdings mit nicht unerheblichen Berichtigungen und Erweiterungen an. Sie nehmen ebenfalls Umsetzungen des Meeres in Anspruch, wodurch die Wassermassen bald auf die eine, bald auf die andere Hemisphäre gedrängt werden und suchen dadurch nicht nur die Schwankungen in den klimatischen Verhältnissen, sondern auch die Strandverschiebungen und Niveauänderungen zu erklären. Ist aber die Hypothese richtig, so müssen sich auch ausgedehnte Depressions- oder Elevationsgebiete ergeben; locale Schwankungen im entgegengesetzten Sinn, und insbesondere Schaukelbewegungen, wie sie für Skandinavien geltend gemacht werden, sind selbstverständlich ausgeschlossen. Daß sich Dana bereits 1849 für allgemeine Hebung in der Nähe des Nordpols und für eine Senkung am Aequator ausgesprochen hatte, wurde bereits erwähnt. Auch der Engländer H. H. Howorth[40]) gelangte (1871) zu dem Ergebniß, daß alles Land gegen die beiden Pole hin ansteige, während am Aequator eine Einschnürung des Erdballes sstattfinde. Für eine allmähliche Verminderung der Wasserbedeckung tritt Trautschold[41]) ein. Ausgehend von den Zuständen der Erdoberfläche in früheren geologischen Perioden kommt er ;zum Schluß, die Wassermenge des Ozeans müsse sich im Laufe der Zeit verringert haben; der Meeresspiegel befinde sich in einem allgemeinen Niedergang und zwar sowohl durch Anhäufung von Schnee- und Eismassen auf dem Festland, durch Entstehung von Binnenseen und Flüssen, als auch durch Absorption von Wasser in Folge von Hydratisierung felsbildender Mineralien und Verbrauch in der organischen Welt. Trautschold bestreitet

zwar keineswegs Hebungen der Erdkruste, läugnet jedoch die Unveränderlichkeit des Meeresspiegels und glaubt, die meisten sogenannten säculären Hebungen durch das Sinken des Wasserstandes erklären zu dürfen. A. Tylor kam 1872 wieder auf die Erhöhung des Meeresspiegels durch Sedimentanhäufung zurück.

Mit ganz neuen Ideen trat Ed. Sueß[42]) an die Frage der säculären Bodenschwankungen heran. Nachdem er noch 1875 in seinem Werk über die Entstehung der Alpen die Hebung der skandinavischen Halbinsel der Emporwölbung einer Falte von großer Amplitude zugeschrieben hatte, kommt er später nach einer kritischen Prüfung der ganzen Frage zu dem Ergebniß, daß es keinerlei verticale Bewegungen des Festen gibt, mit Ausnahme jener, welche etwa mittelbar aus der Faltenbildung hervorgehen. Sueß schlägt darin für die Niveauveränderungen an der Oberfläche eine neutrale Ausdrucksweise vor. Er spricht nicht mehr von Senkungen und Hebungen, sondern von positiven, d. h. nach aufwärts gerichteten und von negativen, d. h. nach abwärts gerichteten Bewegungen der Strandlinie. Seine kurzen Ausführungen in der ersten Mittheilung vom Jahre 1880 gipfeln in dem Satz, daß die sogenannten säculären Hebungs- und Senkungserscheinungen in fortdauernden Veränderungen der flüssigen Hülle unseres Erdkörpers ihre Ursache haben. Eine Erklärung dieser Erscheinung, welche bald ein Andrängen der ozeanischen Wassermassen gegen die Aequatorialzone, bald ein Abfließen derselben aus den Polargebieten zu veranlassen scheint, vermag Sueß zunächst nicht zu geben. Er deutet nur an, daß vielleicht Schwankungen in der Länge von Tag und Nacht, also in der Fliehkraft, oder eine Incongruenz zwischen dem Schwerpunkt und dem Mittelpunkt des Festen die säculären Strandverschiebungen bedingen könnten. Gegen die nichtssagende Terminologie der positiven und negativen Strandverschiebungen protestierte H. v. Dechen[43]), indem er hervorhob, daß die Ausdrücke Hebung und Senkung ebenso gut beibehalten werden können, wie Sonnenaufgang und -Untergang, selbst wenn die Hebung des Landes nur eine scheinbare, durch Rückzug des Ozeans bedingte sei. Auch sachlich tritt v. Dechen den Sueß'schen Ausführungen entgegen, indem er namentlich auf Grund der Angaben von Bravais u. A. über die skandinavischen Niveauschwankungen den Nachweis einer negativen Verschiebung der Strandlinie in den Polargebieten und einer positiven in der Aequatorialregion für unzureichend erklärt.

A. Penck[44]) stellt sich zwar principiell auf die Sueß'sche Seite, indem er die säculären Niveauveränderungen nicht durch Bewegungen des Festen, sondern durch Schwankungen des Meeresspiegels erklärt, spricht jedoch allgemeinen Variationen der Erdschwere die Möglichkeit ab, den herrschenden Gleichgewichtszustand zwischen Wasser und Land dauernd zu stören. Er führt darum alle Strandverschiebungen auf locale Veränderungen der Schwere zurück. Als solche betrachtet er neben den Faltungen in der Erdkruste den Einfluß der Attraction von entstehenden oder durch Denudation sich verkleinernden Festländern auf den benachbarten Meeresspiegel, der Bildung von Sedimentmassen auf dem Boden des Ozeans, ganz besonders auch die Anhäufung von gewaltigen Eismassen in bestimmten Regionen, denen er wohl eine übertriebene Bedeutung zumißt. Damit soll dem Einwurf begegnet werden, daß entgegengesetzte Strandverschiebungen an benachbarten Orten mit einem Sinken des Meeresspiegels unvereinbar seien. Zu ähnlichen Ideen wie Penck war auch der Amerikaner W. Upham[45]) gelangt, obwohl er selbständige Hebungserscheinungen im Festen nicht in Abrede stellt.

Im zweiten Band des „Antlitz der Erde“ behandelt E. Sueß die Frage der Strandverschiebungen von Neuem in größerer Ausführlichkeit. Nach einer geologischen Beschreibung und Vergleichung der Umrisse des atlantischen und pacifischen Ozeans, nach einer Schilderung der wechselnden Ausbreitung der Meere der Vorzeit auf der ganzen Erdoberfläche, wobei die großen Transgressionen des mittleren Devon, des Kohlenkalks und des Cenoman gründlich behandelt werden, und nach einer genetischen Vergleichung der urweltlichen Sedimente, gelangt Sueß zur kritischen Erörterung aller über Strandverschiebungen in historischer Zeit aus Skandinavien, Italien, der Ostsee und Nordsee, aus dem Mittelmeergebiet, den Polarländern und den äquatorialen und südlichen Küsten bekannten Thatsachen, sowie zu einer Besprechung der Entstehung von hochgelegenen Strandterrassen in diesen Gebieten. Die vielfachen Unsicherheiten in den vorhandenen Angaben, die Mannigfaltigkeit der Fehlerquellen und die Fülle der den Meeresspiegel beeinflussenden Ursachen werden ausführlich dargelegt. Sueß hält an der Ansicht fest, daß säculäre Hebungen des Festlandes von jeher ohne alle Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche im Großen waren und heute nur ganz ausnahmsweise und als rein locale Erscheinungen vorkommen. Die

Ozeane stellen nach Sueß Senkungsgebiete von verschiedenem Alter dar, deren Grenzen durch Bruchlinien gebildet werden. Dem sinkenden Erdball folgte aber jederzeit das Meer und schaffte durch diese episodischen und weit ausgedehnten eustatischen negativen Bewegungen die jeweiligen Meeresbecken. Solche Bewegungen sind, wie an einzelnen Beispielen gezeigt wird, zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenem Ausmaß vor sich gegangen. Sie lassen sich eben wegen ihrer weiten Ausdehnung und ihrer Gleichmäßigkeit nur durch allgemeine physische, die ganze Erdoberfläche beeinflußende Ursachen, nicht aber durch locale Hebungen des Festen erklären. Neben den großen eustatischen Bewegungen des Wasserspiegels gab und gibt es noch heute auf kleinere Gebiete beschränkte oscillatorische Schwankungen des Wasserspiegels und zwar sind die positiven wahrscheinlich bedingt durch die Anhäufung von Sediment in Folge großer Eruptivergüsse und anderen örtlichen Massenzuwachs auf dem Meeresgrund oder durch Denudation und Massenverlust der Festländer. Die negativen (Hebungserscheinungen) dagegen haben ihre Ursache möglicherweise in periodisch wechselnder Anhäufung der Wassermassen an den Polen oder am Aequator oder in örtlicher Anschwellung des Wasserspiegels durch Attraction neugebildeter Land- oder Eismassen. Die tangentialen Faltungen der Erdkruste, denen man nach Sueß die Entstehung der Gebirge verdankt, üben nur einen geringen und mittelbaren Einfluß auf den Stand des Meeresspiegels aus. Das Aufsteigen der Continente ist stets Folge von Senkungen bestimmter Theile der Erdkruste, welche die Höhe des Wasserspiegels herabdrücken. Durch Vermehrung des Gefälles der fließenden Gewässer auf den trocken gelegten Festländern wird die Sedimentbildung gefördert; große Massen von Material häufen sich in der Nähe der Meeresufer an und veranlassen wieder langsames Ansteigen der Strandlinie.

Mit seiner bekannten Meisterschaft in der Darstellung und mit ungewöhnlicher Literaturbeherrschung hat Sueß alle Thatsachen, welche bisher zu Gunsten der Elevationstheorie geltend gemacht wurden, einer kritischen Prüfung unterworfen und in vielen Fällen deren Unhaltbarkeit nachgewiesen. Leider ließen sich jedoch die Resultate seiner mehrjährigen mühevollen Arbeit zu keiner positiven Theorie verdichten. Wenn Sueß die großen eustatischen Bewegungen auf Senkungs-, resp. Schrumpfungserscheinungen der Erdkruste zurückführt, so dürfte sich dagegen kein ernstlicher Widerspruch erheben. Auf die Frage der

localen, oscillatorischen Bewegungen dagegen, wagt Sueß selbst keine bestimmte Antwort zu geben, wenn er auch verschiedene Ursachen für das Wandern und Schwanken der Meere heranzieht, wodurch die Faunen und Floren der Vorzeit vernichtet oder neu belebt wurden und wodurch die geologischen Formationen ihre Begrenzung erhielten. Noch immer bleibt die physikalische Erklärung aller dieser Erscheinungen in's Dunkel gehüllt und Sueß selbst schließt seine Ausführungen mit dem etwas mystisch klingenden Satz[46]: „Wie Rama über das Weltmeer schaut, dessen Umriß am Horizonte mit dem Himmel sich mengt und eint, und wie er sinnt, ob wohl ein Pfad hinauszubauen sei in das schier Unermeßliche, so blicken wir über den Ozean der Zeiten, aber uns zeigt sich bis heute nirgends ein Ufer."

Das Problem der Hebungen und Senkungen oder der Strandverschiebungen, wie man es neuerdings mit Vorliebe bezeichnet, ist noch keineswegs befriedigend gelöst und in neuester Zeit mehren sich wieder die Stimmen, welche im Gegensatz zu der bestechenden Argumentation von Sueß eine selbständige Aufwärtsbewegung von gewissen Theilen der festen Erdkruste für wahrscheinlich halten. So meint Erich v. Drygalsky[47], daß durch wechselnde Abkühlung und Erwärmung der Erdoberfläche Hebungs- und Senkungserscheinungen hervorgebracht werden können. Brückner[48] sucht zu beweisen, daß das Emportauchen Skandinaviens nicht, wie Nordenankar und Sueß annahmen, durch eine allmähliche Entleerung des Ostseebeckens, sondern nur durch eine selbständige Hebung der skandinavischen Halbinsel erklärt werden könne. Während nämlich am deutschen Ostseeufer die Veränderungen im Wasserspiegel wie bei den Binnenseen abhängig sind von der Menge der Niederschläge und der Zufuhr an süßem Wasser, weisen die Oscillationen an der schwedischen Küste nicht wie dort horizontale, sondern schräg ansteigende Strandlinien auf. Zum gleichen Resultat gelangen Holmström[49] und Sieger[50] nach erneuter Prüfung der schwedischen Strandmarken und Pegel. Auch Em. Kayser[51] spricht sich nach eingehender Prüfung der vorhandenen Thatsachen mit Entschiedenheit zu Gunsten der säculären Hebungen und Senkungen aus und glaubt, daß die durch Sueß erschütterte Lehre der continentalen Niveauschwankungen wieder in ihr altes Recht eingesetzt werden müsse. A. Penck[52], welcher anfänglich die Sueß'schen Anschauungen vertheidigt hatte, nimmt später selbständige

Krustenbewegung zur Erklärung von Strandverschiebungen und Hebungen zu Hilfe. Brückner[63]) geht noch weiter. Er hält weder allgemeine, noch zonale, noch regionale Bewegungen für ausreichend, um alle beobachteten Hebungen und Senkungen zu erklären. Solche Schwankungen hielten sich nur in engen Grenzen. Alle heute sich vollziehenden nicht vulkanischen Strandverschiebungen könnten darum im Wesentlichen nur auf Bewegungen des Festlandes, nicht des Wasserspiegels, zurückgeführt werden.

h) Aeltere Dislocationen in der Erdkruste. Bau (Tektonik) und Entstehung der Festländer und Gebirge.

Die in historischer Zeit erfolgten Krustenbewegungen und Strandverschiebungen gewähren nur eine unvollkommene Vorstellung von ähnlichen Vorgängen in früheren Erdperioden. Sie verursachen in der Regel Dislocationen im Betrag von wenigen Metern, während jene der Vorzeit viel stärkere Intensität besaßen, Continente und Gebirge schufen und die oftmalige Ueberfluthung der Festländer durch den Ozean veranlaßten. Erst seitdem man angefangen hat, dem Aufbau der Erdkruste die sorgfältigste Beachtung zu schenken, erhielt man eine richtige Vorstellung von den Störungen, welche die zum großen Theil aus ursprünglich horizontal gelagerten Sedimentärschichten bestehende Erdkruste im Laufe der Zeit erlitten hat. Abgesehen von Nic. Steno, über dessen seiner Zeit weit vorauseilende Beobachtungen bereits (S. 34) ausführlich berichtet ist, beginnt erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts die wissenschaftliche und methodische Untersuchung der Erdkruste. Mit Lehmann's und Füchsel's sorgfältigen Profilen des Bodens von Thüringen entwickelt sich ein neuer Zweig der Geologie, die Lehre von der Anordnung und Verbindung der die Erdkruste zusammensetzenden Gesteine, sowie von den Störungen, welche diese ursprüngliche Anordnung später erlitten hat. Werner und seinen Schülern verdankt man eine präcise, vielfach der Bergmannssprache entlehnte Terminologie für die Strukturverhältnisse der geschichteten und massigen Gesteine. Das Streichen und Fallen, die Art der Lagerung, die Neigungen und Beziehungen der Schichten zu einander und gegen den Horizont, die Verschiebungen und Störungen durch Spalten, Verwerfungen, Aufrichtung, Knickung, Biegung und Faltung wurden von der Freiberger Schule genau untersucht

und für jede einzelne Erscheinung eine bestimmte Bezeichnung angewandt. Werthvolle Ergebnisse für das Verständniß der Lagerungsverhältnisse lieferte selbstverständlich neben der Untersuchung der zugänglichen Theile der Erdoberfläche auch der unterirdische Bergbau auf nutzbare Mineralien, dem die Werner'schen Schüler stets besondere Beachtung schenkten. Durch Pallas und Saussure erhielt man die ersten genaueren Nachrichten über den Bau von Hochgebirgen. Doch erst die späteren Forschungen von L. v. Buch, Ebel, der beiden Escher, Studer, Elie de Beaumont u. A. in den Alpen, von Voigt und Heim im Thüringer Wald, von Merian und Thurmann im schweizerischen Jura, von de la Beche in Cornwall und Devonshire, von Sedgwick und Murchison in Wales, von den Gebrüdern Rogers in Pennsylvanien gewährten einen tieferen Einblick in die complicierte Struktur der Gebirge. Wie sich schrittweise mit der fortschreitenden Kenntniß der Erdkruste auch die Anschauungen über ihren Aufbau umgestalteten, läßt sich am besten durch Vergleich von Lehrbüchern der Geologie aus den verschiedenen Dezennien dieses Jahrhunderts erkennen. Die Werke der Werner'schen Schule wissen von dem complicierten Bau der Hochgebirge so gut wie nichts; sie kennen keine aufgerichteten und gehobenen Theile der Erdkruste, die geneigten Schichten sind angeblich in ihrer heutigen Lage entstanden; ihre tektonischen Vorstellungen stützen sich ausschließlich auf die Erfahrungen in Flachländern, Mittelgebirgen und Bergwerken. Bei Conybeare und Phillips (1822) finden sich die ersten genaueren Profile von den Gebirgen und Ebenen in England und Wales und ein idealer Durchschnitt der Erdkruste aus Buckland's Lehrbuch der Geologie (1836) wurde Vorbild für eine Menge ähnlicher Versuche. Lyell's Principien und Elemente der Geologie, wie die meisten Lehrbücher der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts, behandeln die Strukturverhältnisse der Erdkruste ziemlich stiefmütterlich. Erst C. F. Naumann liefert 1850 im ersten Bande seines Lehrbuchs der Geognosie einen ausführlichen Abschnitt über „Geotektonik" und faßt darin so ziemlich Alles zusammen, was bis dahin auf diesem Gebiete festgestellt war.

Mit der Ausbildung der Tektonik trat die Frage nach der Entstehung der Configuration der Erdoberfläche mehr und mehr in Vordergrund. Die früheren Jahrhunderte hatten auf diesem Gebiete fast nur willkürliche Speculationen geboten. Steno allein war zwar

schon 1669 auf dem richtigen Wege, als er auf Grund seiner Untersuchungen des Bodens von Toscana die Gebirge und Thäler theils durch Zusammenbruch, theils durch Aufrichtung von geschichteten Gesteinen, theils durch Anhäufung von vulkanischem Material erklärte, allein seine Stimme verhallte wirkungslos in der damaligen wissenschaftlichen Wüste. Cartesius, Leibniz und Buffon lassen Meeresbecken, Festländer und Gebirge durch Zerreißung und Schrumpfung der festen Erdkruste und durch Rückzug der Wasserbedeckung in unterirdische Höhlen entstehen. Rob. Hook, Vallisneri, Lazzaro Moro, Needham, v. Justi u. A. nehmen zur Hebung von Festländern und Bergen vulkanische Kräfte in Anspruch.

Zusammenbruch und Einsinken der Erdkruste, Schrumpfung durch Contraction und Hebung durch unterirdische Hitze galten somit von jeher für die principalen formbildenden Kräfte der Oberflächengestaltung und kehren auch in den modernen Theorien in verschiedenster Form und Anwendung wieder.

Als Begründer der neueren Hebungstheorien ist J. Hutton zu betrachten. Durch die ausdehnende Wirkung von unterirdischer Hitze steigen nach dem schottischen Forscher Theile der Erdoberfläche aus dem Ozean empor und bilden Festländer und Gebirge; Vulkane verschaffen den heißen Dämpfen und geschmolzenen Gesteinsmassen Austritt und verhindern die übermäßige Ausdehnung und Erhebung der Erdkruste. Wurde die Hutton'sche Theorie anfänglich nur von Wenigen beachtet und von der Werner'schen Schule scharf bekämpft, so gelangten doch bald eine Anzahl Forscher, wie Fichtel und Pallas, entweder ganz unabhängig zu ähnlichen Anschauungen oder sie ergänzten, wie de la Beche, Babbage, Lyell, Poulett-Scrope u. A. die Hutton'sche Lehre in verschiedener Weise. Einen mächtigen Förderer erhielt die Hebungstheorie in Leop. v. Buch. Seine Beobachtungen über das langsame Aufsteigen Skandinaviens, seine Studien in den Alpen, in der Auvergne, auf den Canarischen Inseln und an den Vulkanen Italiens hatten den großen Geologen immer weiter von den Werner'schen Ideen abgelenkt. Es reifte zuerst die Theorie der Erhebungskrater und kurz darauf die über Entstehung der Gebirge. Schon im Jahre 1812 hatte J. L. Heim dem Basalt eine wichtige Rolle bei der Gebirgsbildung zugeschrieben. v. Buch[54]) gelangte in Südtirol zur Ueberzeugung, der Dolomit sei durch Einwirkung vulkanischer Magnesiadämpfe während des Empordringens von Augit-

porphyr aus gewöhnlichem Kalkstein hervorgegangen. Aus den Lagerungsverhältnissen der Sedimentärgesteine und aus den Beziehungen des schwarzen Augitporphyrs zu den letzteren entwickelte v. Buch die Schlußfolgerung, das ganze Alpengebirge verlaufe in der Richtung einer ungeheuren Spalte, auf welcher der Augitporphyr stellenweise an die Oberfläche emporgestiegen sei und die Nachbargesteine gehoben, aufgerichtet und gefaltet habe. Die in Südtirol gewonnen Erfahrungen wurden auf Thüringen und den Harz angewandt und schließlich die Vermuthung ausgesprochen, alle Gebirgsketten seien durch Augitporphyr emporgetrieben worden. Indem die Nachfolger v. Buch's das Aufsteigen der Gebirge, die Zerreißung der Erdkruste, die Aufrichtung, Knickung und Faltung präexistierender Gesteine als Folge intrusiver Eruptivgesteine überhaupt ansahen, trat die Gebirgsbildung gewissermaßen in die Reihe der vulkanischen Erscheinungen ein. Poulett-Scrope[55]) hält wie Hutton die Aufwölbung der Gebirge für eine Folge der ausdehnenden Wirkung von unterirdischer Hitze und bemüht sich, die Einwirkung einer aufsteigenden Granit- oder Porphyrmasse auf die aus verschiedenen Gesteinen bestehende Erdrinde im Einzelnen zu erläutern und daraus die Entstehung von Spalten, Schollen, Faltungen und Schichtenbiegungen zu erklären. Auch Volz[56]) beschreibt den Einfluß einer empordringenden Porphyrmasse auf die Nachbargesteine.

Hatten L. v. Buch und seine Anhänger, unter denen namentlich B. Studer hervorragt, die Hebung von Gebirgen durch active Bethätigung von Eruptivgesteinen zur Geltung gebracht, so schufen einige flüchtige Bemerkungen L. v. Buch's über die Richtung der Gebirgssysteme in Deutschland neue Gesichtspunkte, von deren Tragweite der Autor selbst allerdings keine Ahnung hatte. Im Jahre 1824 machte er darauf aufmerksam[57]), daß sich in Deutschland nach dem allgemeinen Streichen vier geognostische Systeme, das niederländische, das nordöstliche, das Rheinsystem und das Alpensystem, unterscheiden ließen.

Diese Abhandlung bildet den Ausgangspunkt der epochemachenden Arbeiten eines genialen französischen Geologen. Elie de Beaumont*) gehörte zu den wärmsten Vorkämpfern der vulkanistischen

*) Léonce Elie de Beaumont, geboren am 25. September 1798 zu Canon (Départ. Calvados), gehörte einer alten normännischen Adelsfamilie an. Er erhielt im Collège Henri IV in Paris seine wissenschaftliche Vorbildung,

Schule. Beeinflußt durch Al. v. Humboldt und L. v. Buch, vertheidigte er mit Wärme die Theorie der Erhebungskrater und suchte diese durch eigene Beobachtungen im Cantal- und Mont d'Or-Gebirge, in den Alpen und am Aetna zu stützen. Seine langjährigen Aufnahmen in den Vogesen, Ardennen, in den provençalischen Alpen, in der Dauphiné und am Montblanc hatten den feinen Beobachter zu Anschauungen über die Entstehung und das Alter der Gebirge geführt, welche er 1829 in der französischen Akademie vortrug.[58]) Diese Publication wurde sofort nach ihrem Erscheinen von Al. Brongniart und Arago in ihrer vollen Bedeutung gewürdigt und ihre günstigen Referate verschafften den Ideen des jungen Geologen in den weitesten Kreisen Anerkennung. Ueber die Ursachen der Gebirgs-

---

trat im Jahre 1819 nach glänzend absolvierten Studien an der École polytechnique in Paris an die École des Mines über, um sich dem Bergfach zu widmen. Hier zog er die Aufmerksamkeit des Professors der Geologie Brochant de Villiers auf sich und begleitete 1822 diesen nebst seinem Studienfreund Dufrenoy nach Großbritannien, um die dortigen Minen, Hüttenwerke, sowie die Methoden kennen zu lernen, welche bei Herstellung geologischer Karten in England angewandt wurden. Anfänglich unter der Leitung von Brochant de Villiers, später selbständig, arbeiteten E. de Beaumont und Dufrenoy an der Herstellung einer geologischen Karte von Frankreich in 6 Blättern, die im Jahre 1825 begonnen und in 18 Jahren vollendet wurde. Dieses Riesenwerk übte einen gewaltigen Einfluß auf die ganze Entwickelung der Geologie in Frankreich aus und verschaffte den beiden Autoren einen wohlverdienten Platz unter den ersten Gelehrten Frankreichs. Schon 1827 hatte Elie de Beaumont die Professur für Geologie an der École des Mines übernommen und 1835 ersetzte er seinen Gönner Brochant de Villiers als Generalinspector der Bergwerke. In dieser Eigenschaft, ferner als Großofficier des Ordens der Ehrenlegion, als Senator des Kaiserreichs, als beständiger Secretär des Institut de France und von 1861 an als Vicepräsident des Conseil Général des Mines nahm Elie de Beaumont eine sehr einflußreiche Stellung ein, die er mit großer Selbstlosigkeit und Unparteilichkeit im Interesse vieler Fachgenossen geltend machte. Nach Abschluß der geologischen Uebersichtsaufnahme leitete Elie de Beaumont bis zu seinem Tode am 21. September 1874 die geologischen Specialaufnahmen Frankreichs. Neben seiner Thätigkeit als beobachtender und aufnehmender Feldgeologe und als Lehrer am Collège de France und an der École des Mines erwarb sich Elie de Beaumont ein unvergängliches Verdienst durch seine geistvollen, epochemachenden Arbeiten über das Alter und die Entstehung der Gebirgssysteme. (Ausführliches über das Leben und Wirken Elie de Beaumont's findet sich in J. Bertrand, Éloges historique etc. Institut de France 1875 und in Sainte-Claire Deville, Coup d'œil historique sur la Géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont. Paris 1878.)

bildung spricht sich Elie de Beaumont nur flüchtig am Schluß seiner Abhandlung aus. Trotzdem können seine kurzen Bemerkungen über den Einfluß der allmählichen Abkühlung der Erde auf die Gestaltung ihrer Oberfläche, auf die Entstehung von Runzeln und Spalten als Ausgangspunkt der jetzigen Anschauungen über Gebirgsbildung gelten. Eine bestimmtere Form verlieh Elie de Beaumont seinen Ideen erst in der im Jahre 1852 erschienenen ausführlichen Begründung seiner Gebirgssysteme.[59]) Die langsame und fortdauernde Abkühlung unseres Planeten verursacht eine fortschreitende Verkürzung des Erdradius und eine allgemeine centripetale Bewegung der Erdkruste. Mit Benutzung der durch G. Bischof und Sainte-Claire Deville experimentell festgestellten Zahlen über die Volumverminderung bei der Erstarrung geschmolzener Gesteine hatte Delesse die bereits eingetretene Verkürzung des Erdradius auf 1430 Meter berechnet, so daß sich also die Erdkruste im Lauf der geologischen Perioden dem Erdcentrum etwa um die Höhe des Chimborasso oder Himalaja genähert habe. Da sich aber die zu groß gewordene und über dem gluthflüssigen Erdinnern ausgespannte Erdkruste der Unterlage anzupassen sucht, so bildete sie beim Einsinken Unebenheiten und Wölbungen (bosselements) auf der Oberfläche, die jedoch niemals die Bedeutung von Gebirgen erlangen. Wird aber die Spannung allmählich zu groß, so tritt plötzlich eine Zertrümmerung (ecrasement transversal) ein, wobei sich durch seitliche Compression Faltungen erheben. Jedes nach der Zertrümmerung aufgestaute und in Falten gelegte Erdsegment (fuseau) stellt ein Gebirgssystem dar. Die Massen, welche in Folge der starken seitlichen Compression genöthigt sind, sich einen Ausweg zu suchen, werden nach oben gedrängt und können unter Umständen wie ein Finger durch ein Knopfloch bis an die Oberfläche gelangen. So bilden häufig granitische Massen die Gipfel und Kämme der Gebirgsketten, deren Flanken aus gehobenen Sedimentgesteinen bestehen. Letztere werden meist gegen die Basis der Gebirge von schwach geneigten oder horizontalen Schichten bedeckt, die sich auf die benachbarten Ebenen ausdehnen. Die geneigten Schichtgesteine setzten häufig gegen die horizontal gelagerten scharf ab und beweisen, daß nach der Entstehung der aufgerichteten und vor der Bildung der ungestörten Schichtenfolge eine Katastrophe, und zwar eine Zertrümmerung der Erdkruste und ein Aufsteigen eines Gebirgssystems stattgefunden hat. Aus der Altersbestimmung der

jüngsten gehobenen und der darüber liegenden ungestörten horizontalen Schichten ergibt sich somit die Periode, in welcher dieses Ereigniß eintrat. Nach Elie de Beaumont fällt die Entstehung der Gebirge meist mit den Formationsgrenzen, also auch mit den von Cuvier angenommenen Revolutionen in der Entwickelung der organischen Schöpfung zusammen und damit erhalten die Gebirge als chronologische Documente für die physikalische Entwickelung der Erdkruste eine bis dahin ungeahnte Bedeutung. Bei dem Versuch, das Alter der verschiedenen Gebirge Europas theils durch eigene Beobachtungen, theils aus der Literatur zu ermitteln, machte sich sofort eine andere bedeutungsvolle Erscheinung geltend. Die verschiedenen Elemente, aus denen ein Gebirgssystem zusammengesetzt ist, zeigen in der Regel paralleles Streichen. Indem nun Elie de Beaumont an einen Ausspruch Werner's erinnerte, wornach parallel streichende Erzgänge als gleichzeitig entstandene Spalten anzusehen seien, wandte er diesen Satz auch auf die Gebirgssysteme an und suchte in eingehendster Weise den Nachweis zu liefern, daß parallel streichende Gebirge gleichaltrig seien. Durch die Kugelgestalt der Erde wird allerdings die Feststellung des Parallelismus von Gebirgsketten, namentlich in weit entfernten Gebieten, erschwert, da in solchen die gleichnamigen geographischen Orientierungs- und Streichlinien nicht einmal annähernd parallel sind. Elie de Beaumont begegnet jedoch dieser Schwierigkeit dadurch, daß er Abschnitte größter Kreise, welche klein genug sind, um sich durch Tangenten darstellen zu lassen, dann als parallel betrachtet, wenn diese Tangenten in paralleler Richtung verlaufen. Alle Gebirgsketten, die den Meridian unter gleichem Winkel kreuzen, werden als parallel streichend angesehen.

Nachdem Elie de Beaumont auf solche Weise eine Methode zur Altersbestimmung der Gebirge gefunden zu haben glaubte, wandte er dieselbe zunächst auf Europa an und unterschied in seiner ersten Abhandlung vom Jahre 1829 zwölf Systeme, die später (1852) auf einundzwanzig vermehrt wurden. Mit dem Princip des Parallelismus hatte Elie de Beaumont den Boden der inductiven Beobachtung verlassen und den der Speculation betreten, welchen er mit Beharrlichkeit bis an sein Lebensende verfolgte. Aus den Neigungsrichtungen der 21 Orientierungskreise seiner Gebirgssysteme schloß er[60]) auf ein die ganze Gebirgsbildung beherrschendes geometrisches Gesetz und glaubte aus denjenigen 15 größten Kreisen, welche den Kanten eines im

Mittelpunkt der Erde befindlichen regulären Ikosaëders entsprechen, ein Pentagonalnetz als Grundlage der ganzen Anordnung construieren zu dürfen. Da jedoch in dieses Fundamentalnetz nicht alle bekannten Gebirgssysteme einzureihen sind, so mußten durch Rechnung weitere subsidiäre Kreise aufgesucht werden. Die Bestimmung dieser letzteren beruht auf geometrisch-krystallographischen Voraussetzungen, deren Erörterung hier füglich bei Seite gelassen wurde, da sich das berühmte »Résau pentagonal« trotz der scharfsinnigen Bemühungen seines Schöpfers und dessen Anhänger außerhalb Frankreichs nirgends Anerkennung zu verschaffen vermochte und auch in Frankreich nach Elie de Beaumont's Tod rasch der Vergessenheit anheim fiel. Zu den entschiedenen Gegnern einer Verallgemeinerung der Elie de Beaumont-schen Anschauungen gehörten von Anfang an C. Prévost, A. Boué, Conybeare[61]) und Ch. Lyell. Aber auch andere Geologen, welche wie B. Studer und Fr. Hoffmann zwar die Richtigkeit der Grundidee des französischen Geologen anerkannten, erhoben doch gegen die Annahme der Gleichaltrigkeit aller parallelen Gebirgssysteme und namentlich gegen deren plötzliche, ruckweise Entstehung Widerspruch, indem sie für verschiedene Gebirge, z. B. für die Alpen, das Erzgebirge, den Harz mehrere Hebungsperioden nachzuweisen im Stande waren. Letzteren Einwurf hat Elie de Beaumont als berechtigt anerkannt und in der Folge für die Pyrenäen selbst vier Gebirgsperioden zugestanden.

Bemerkenswerthe Beobachtungen über gebirgsbildende Vorgänge veröffentlichte J. Thurmann*) in Porrentruy. Dieser originelle Beobachter hatte sich das Studium des schweizerischen Juragebirges als Lebensaufgabe gestellt und schon im Jahre 1830 die Zusammensetzung und den Aufbau des Kettenjura in meisterhafter Weise geschildert. Thurmann schreibt die Entstehung der faltenartigen Gewölbe dieses Gebirges einer von unten nach oben wirkenden Kraft zu und zeigt an zahlreichen Beispielen, wie diese Kraft bald nur gewölbeartige Erhebungen zu Stande gebracht hat, häufig aber auch Brüche ver-

*) Thurmann Julius, geboren 1804 zu Neubreisach im Elsaß, brachte nach dem Tode seines Vaters seine Jugend in Pruntrut zu; studierte vier Jahre in Straßburg, dann an der Bergschule in Paris. Zwischen 1836 und 1843 war Thurmann Director der Normalschule des Jura-Departements und zugleich Professor der Mathematik und Naturwissenschaft am Gymnasium in Pruntrut, 1843 zog er sich ins Privatleben zurück; starb 1855 an der Cholera.

ursachte, wodurch die aufgewölbten Ketten gesprengt und aufgerissen wurden. Je nachdem die Risse nur die jüngern Jurageſteine zum Klaffen bringen, oder bis zu den Schichten der Oxfordstufe, des Lias und Keupers oder sogar des Muschelkalks herabreichen, unterscheidet Thurmann Hebungen erster bis vierter Ordnung. Die geschlossenen faltenartigen Ketten nennt Thurmann Gewölbe, die durch Aufbruchspalten gebildeten Einsenkungen in dem First der Gewölbe Comben, die an den äußeren Flanken der Ketten eingeschnittenen Schluchten »Ruzs« und die Querthäler, welche eine oder mehrere Ketten durchschneiden »Cluses«; eine zwischen zwei Parallelfalten gelegene Längseinsenkung heißt »Val«, eine ringsum geschlossene Combe »Cirque«. Nachdem Thurmann in seinen zwei ersten Abhandlungen[62]) die orographische Gestaltung des Juragebirges im innigen Zusammenhang mit seiner Zusammensetzung und Entstehung geschildert und den Mechanismus der Gebirgsbildung im Großen dargelegt hatte, beschäftigte er sich in einem erst nach seinem Tode veröffentlichten Werk[63]) mit den Veränderungen innerhalb der Schichten selbst und namentlich mit den Ursachen, welche die zahllosen Brüche, Verwerfungen und kleineren Störungen veranlaßt haben. Er geht dabei von dem Grundgedanken aus, daß die Sedimentärgesteine, welche das Juragebirge ausschließlich zusammensetzen, ursprünglich in weichem, lockerem Zustand abgesetzt wurden und erst im Verlauf langer geologischer Perioden durch Austrocknung und chemische Veränderung ihre jetzige steinartige Beschaffenheit erlangten. Während des allmählichen Uebergangs der Sedimente aus dem weichen, plastischen, mit Wasser durchtränkten „pelomorphen“ zu dem harten, starren und wasserfreien „lythomorphen“ Zustand, entstehen die verschiedenartigsten Ablösungsflächen und Klüfte. Thurmann bezeichnet die oberen Schichtflächen »epiclives«, die unteren »hypoclives« und die innerhalb einer Schicht vorhandenen Querspalten »diaclives«. Diese verschiedenartigen Ablösungen und Brüche werden mit scrupulöser Genauigkeit beschrieben, von den unregelmäßigen Spalten und Verwerfungen unterschieden und ihre Entstehung durch Zusammenziehung der pelomorphen Masse unter Einfluß der von unten her wirkenden Erdwärme erklärt. Aus dem Verlauf und der Richtung der Spalten und nach der Beschaffenheit der Berührungsflächen der Epicliven, Hypocliven und Diacliven schließt Thurmann scharfsinnig auf Bewegungen, welche vor der eigentlichen Gebirgsbildung in den noch ungestörten plastischen Sedimenten

stattgefunden haben und Spalten, Biegungen, Zusammenpressungen und Auswalzungen verursacht haben. Leider macht eine abstruse Terminologie die Darstellung der bis ins kleinste Detail ausgeführten Beobachtungen schwer genießbar. Eine Untersuchung der Störungen in den Schichtgesteinen nach ihrer Aufrichtung führt Thurmann zum Ergebniß, daß der pelomorphe Zustand der Sedimente, welcher unendlich lange nach ihrem Absatz herrschte auch noch während der Gebirgsbildung fortgedauert habe, und daß darum bei der Entstehung von Gebirgen keineswegs eine nachträgliche Erweichung der Gesteinsmassen erforderlich sei. Das nach Thurmann's Tod veröffentlichte Manuskript sollte nur die Einleitung bilden zu einem größeren Werk, über dessen Inhalt eine kurze Mittheilung im Bulletin de la Société géologique de France (1853. XI. S. 41) Aufschluß gewährt. Thurmann weist hier im Jura die Existenz von 160 Ketten nach, wovon 30 als solche erster Ordnung bezeichnet werden. Sie sind in der Regel durch parallele, etwas gekrümmte Bruchlinien von einander geschieden, gehen zuweilen aber auch durch Gabelung aus einer ursprünglich einheitlichen Kette hervor und liegen wie Seitenfalten neben einander. Bei den meisten aufgebrochenen Ketten ist der höhere Bruchrand, sowie die Convexität nach Westen gerichtet. Man unterscheidet im Jura eine Zone der hohen Ketten, eine centrale Hebungszone und eine schwach gefaltete Plateauzone. Aus dem ganzen Aufbau des Jura schließt Thurmann jetzt, entgegen seiner früheren Ansicht, daß an eine verticale Hebung der einzelnen Ketten nicht zu denken sei, sondern daß eine laterale, von der schweizerischen Seite herkommende Kraft die parallelen Ketten zusammengefaltet habe.

Während Leop. v. Buch, Elie de Beaumont und Thurmann ihre Gebirgstheorien vollständig aus Beobachtungen in der Natur abgeleitet hatten, suchte der englische Physiker Hopkins das Problem auf speculativem und theoretischem Wege zu lösen, indem er die Wirkung der unterirdischen Druckkräfte, namentlich der gespannten Dämpfe, gegen die Erdkruste zu ermitteln suchte. Er kam dabei zu dem Resultat, daß bei allen Zerreißungen in der Regel zwei sich rechtwinkelig kreuzende Systeme von Spalten entstehen müssen, die alsdann Veranlassung zur Bildung von Festländern und Gebirgen geben sollen.

Gegen eine nach oben gerichtete, gebirgsbildende Kraft erhob Constantin Prévost, gestützt auf Cordier's Schrumpfungstheorie

beharrlichen Widerspruch. Er bekämpfte in seinem Bericht über die Insel Julia (1832) die Theorie der Erhebungskrater und betrachtete im Gegensatz zu Elie de Beaumont die Entstehung von Gebirgssystemen und Continenten nur als Folgen von benachbarten Senkungen und Einbrüchen, wobei ein Rand der Spalte emporgepreßt wurde. Einen nennenswerthen Erfolg gegenüber der erdrückenden Autorität eines Leop. v. Buch und Elie de Beaumont konnte die Senkungstheorie zunächst nicht erzielen, doch ließen sich immerhin selbst in Frankreich vereinzelte Stimmen vernehmen, welche wie Lory[64]) Ebray und Magnan[65]) in der Entstehung von Spalten und Verwerfungen nebst den dadurch verursachten Stauungen (refoulements) an den beiden Rändern eine Hauptursache für die Entstehung von Faltengebirgen erkennen. Auch Alph. Favre spricht sich im Jahre 1867 in seiner vortrefflichen geologischen Beschreibung des Mont Blanc gegen eine verticale Hebung der Alpen aus und erklärt die fächerartige Tektonik des Mont Blanc und den verwickelten Bau seiner Umgebung als Wirkung einer gewaltigen lateralen Faltung.

Neue Anschauungen über Gebirgsbildungen machten sich jenseits des Ozeans in Nordamerika geltend, wo durch die Untersuchungen der geologischen Survey von Pennsylvanien unter Leitung der Gebrüder Rogers der wellenförmig gefaltete Bau des Appalachischen Gebirgssystems in musterhafter Weise klar gelegt worden war. Die Ergebnisse der schon im Jahre 1836 begonnenen, jedoch wegen Mangels an Geldmitteln mehrfach unterbrochenen Aufnahmen konnten zwar erst 1868 in würdiger Form veröffentlicht werden[66]), allein H. D. Rogers hatte seine Ansichten über die Zusammensetzung, Tektonik und Entstehung der Appalachen, sowie über Gebirgsbildung überhaupt bereits 1842 vor der britischen und amerikanischen Naturforscherversammlung dargelegt. Der einseitige unsymmetrische Faltenwurf der Alleghanies, das Fehlen einer centralen, aus krystallinischen Eruptivgesteinen bestehenden Axe, die Zusammensetzung des ganzen Gebirgssystems aus zahlreichen, meist gebogenen Parallelfalten läßt sich nach Rogers nicht mit den in Europa herrschenden Hypothesen über Gebirgsbildung in Einklang bringen. Er bekämpft mit guten Gründen sowohl die hebende Kraft aufsteigender Eruptivmassen, als auch die Möglichkeit der Entstehung von Gebirgen durch locale Einbrüche und Senkungen. Seine eigene, wenig befriedigende Theorie über Falten-

gebirge nimmt wellenförmige Pulsationen in dem feuerflüssigen Magma des Erdinnern in Anspruch, die von gewaltigen durch Spannungen in der dünnen Erdkruste verursachten Bruchspalten ausgehen. Die Form, Anordnung und Neigung der Schichtenfalten werden einer combinierten wellenförmigen und tangentialen Bewegung zugeschrieben, die zugleich von einer Injection von Eruptivmassen in die entstehenden Faltenhohlräume begleitet ist.

Ansprechender ist der Gedankengang von J. Dana.*) Im Jahre 1846, 1847 und 1849 erschienen im American Journal of Sciences die ersten Abhandlungen, worin Dana jene bahnbrechenden Grundsätze über die Entstehung von Continenten und Gebirgen zuerst entwickelte, die später weiter ausgebaut und vervollständigt wurden.[67]) Dana bestreitet die Möglichkeit einer Continent- oder Gebirgsbildung durch gespannte Dämpfe oder aufsteigende Eruptivgesteine und verhält sich auch ablehnend gegen die von seinem Landsmann James Hall (1859) begründete Gravitationstheorie, wonach durch allmähliche Anhäufung von Sedimentmassen in Sen-

*) James Dwight Dana, geboren am 12. Februar 1813 zu Utica im Staate New-York, studierte von 1833 an im Yale College, Conn. und machte während seiner Studienzeit eine Reise nach Europa. 1838 wurde er als Geologe und Mineraloge zum Theilnehmer der Wilkes'schen Entdeckungsexpedition ernannt und lernte während dieser vierjährigen Reise die Küsten von Südamerika und den pacifischen Ozean kennen. An der Küste von Oregon erlitt Dana Schiffbruch, gelangte aber glücklich nach San Francisco, von wo er über die Sandwichinseln, Singapore, Capstadt und St. Helena nach New-York zurückkehrte. Die folgenden 13 Jahre waren der Bearbeitung seiner geologischen und zoologischen Beobachtungen während der Reise gewidmet. Seine Berichte über die Geologie des pacifischen Ozeans, die Vulkane der Sandwichinseln, der Korallenriffe, sowie seine umfangreichen Werke über die Zoophyten und Crustaceen gehören zu den bedeutendsten Erscheinungen der Reiseliteratur. 1850 bis 1894 wirkte er als Professor am Yale College. Er starb am 14. April 1895 im 82. Lebensjahre. J. Dana war ausgezeichneter Zoologe, Geologe und Mineraloge; seine Verdienste wurden durch die Wollaston- und Copley-Medaille und den großen Walker-Preis ausgezeichnet. Er galt unbestritten für den ersten Geologen Nordamerikas und übte namentlich durch sein epochemachendes Lehrbuch der Geologie, wovon die erste Auflage 1863, die vierte 1896 nach dem Tode des Verfassers erschien, einen entscheidenden Einfluß auf das geologische Studium aus. Ueber hundert Abhandlungen, meist im American Journal of Science veröffentlicht, behandeln Gebirgsbildung, Vulkane, Entstehung und Geschichte der Ozeane, Eiszeit und andere Fragen der allgemeinen Geologie.

kungsfeldern der Erdkruste Faltungen und Risse, also Kettengebirge entstehen müßten. Babbage[68]) und J. Herschel[69]) hatten schon lange vorher darauf hingewiesen, daß zur Entstehung mächtiger Sedimente Senkungen erforderlich seien; die Aufrichtung, Faltung und Zerreißung solcher Verdickungen der Erdkruste erfolgt nach diesen Autoren durch die ausdehnende Kraft der Hitze, welche in den tieferen Regionen, wohin diese Sedimente gelangen, herrscht. Für Dana ist, wie für Descartes, de la Beche, Cordier, Elie de Beaumont u. A. die Schrumpfung der Erdkruste über dem sich durch Abkühlung zusammenziehenden Kern die Veranlassung zur Entstehung von Continenten und Gebirgen. Während aber seine Vorgänger die Anpassung der zu groß gewordenen Kruste an den sich verkleinernden Kern durch Senkungen, Einbrüche, Spalten und Faltungen geschehen lassen, deren Ursachen nicht näher untersucht werden, bemüht sich Dana, die Wirkungen der Contractionskraft genauer zu beleuchten. Nach der Richtung der continentalen Grenzen und der Gebirge glaubt er zunächst Linien geringerer Widerstandsfähigkeit (Cleavage lines) erkennen zu dürfen, die mit der ungleichen Dicke und Temperatur der Erdkruste in Beziehung stehen und sich mit der Spaltbarkeit vieler Mineralien nach bestimmten Ebenen vergleichen lassen. Die ersten erstarrten Schollen des sich abkühlenden Planeten bildeten die Continente, an deren Rändern sich die Contractionskraft am intensivsten bethätigte. Sie sind in der Regel durch Gebirgsketten begrenzt und zwar steht die Höhe der Grenzgebirge derart in Beziehung zu dem benachbarten Ozean, daß dem tieferen Meer jeweils auch die höhere Gebirgskette entspricht. Viel wichtiger als diese keineswegs unanfechtbaren Annahmen ist der Satz, daß die centripetale Bewegung der dem kleiner werdenden Kern nachsinkenden Kruste wie bei einem Gewölbe in tangentiale Spannung umgesetzt wird. Durch diesen horizontalen Seitendruck entstehen nun wie bei einem schrumpfenden Apfel Faltungen mit sattelförmig gewölbtem Rücken und muldenförmigen Vertiefungen. Letztere nennt Dana Geosynklinalen, erstere Geantiklinalen. Gebirge, welche einer sich allmählich erhebenden einzigen Falte oder Geantiklinale ihren Ursprung verdanken, heißt Dana monogenetisch. Sie fallen in der Regel wegen ihrer Zerklüftung bald der Denudation zum Opfer. Die aus mehreren Ketten zusammengesetzten Gebirgssysteme entstehen immer in Geosynklinalen, worin sich mächtige Sedimentmassen ansammeln. Gelangen diese Sedimente nach und nach

in Tiefen, wo die daselbst herrschende hohe Erdtemperatur ihre Festigkeit theils durch Abschmelzung, theils durch Erweichung schwächt, so erfolgt Zerreißung. Die dem Seitendruck nachgebenden zerbrochenen Trümmer werden gegen die Bruchlinie auf einen engeren Raum zusammengeschoben, gefaltet und dadurch erhoben. Ein so entstandenes Gebirge nennt Dana ein Synklinorium. Wiederholt sich der soeben geschilderte Vorgang, so können sich dem bereits gehobenen Synklinorium neue anfügen. Ein aus parallelen Ketten zusammengesetztes Gebirgssystem wird darum nicht, wie Elie de Beaumont glaubte, auf einmal emporgestiegen sein, sondern beansprucht in der Regel einen ungeheuer langen Zeitraum für seine Entstehung. Es wird überdies stets unsymmetrischen Bau aufweisen müssen. An die steil abbrechenden Küsten der Continente grenzen in der Regel die tiefsten Mulden an; in diesen werden sich die neuen Gebirge bilden und nach ihrem Emporsteigen dem Festland anfügen. Nach und nach wird freilich die Erdkruste durch die fortschreitende innere Abkühlung dicker, und durch mancherlei mechanische oder chemische Metamorphosen der Gesteine starrer und widerstandsfähiger. Die Gebirgsbildung wird dadurch erschwert; allein der tangentiale Druck wirkt fort und fort, äußert sich zunächst in einer Aufwärtspressung der Kruste, die schließlich zu ihrer Berstung führt. Auf den nunmehr vorhandenen Spalten können vulkanische Massen an die Oberfläche dringen. Die in jüngeren Erdperioden entstandenen Gebirgssysteme zeichnen sich erfahrungsgemäß meist durch bedeutende Höhe aus und sind an den Bruchrändern häufig von vulkanischen Eruptionen begleitet. Vielerlei Erscheinungen weisen darauf hin, daß die gebirgsbildende Kraft auch gegenwärtig noch nicht erstorben ist. Dana's Anschauungen über Gebirgsbildung stützten sich vorzugsweise auf die Appalachen und die Rocky Mountains und waren den amerikanischen Verhältnissen vortrefflich angepaßt. Sie fanden darum auch in Nordamerika allgemeinen Beifall. Manche anfänglich nur flüchtig und unbestimmt angedeuteten Ideen wurden von anderer Seite ergriffen und besser begründet. Als bedeutendster Mitarbeiter an der Theorie der Gebirgsbildung durch Seitendruck ist Josef Le Conte[70]) zu nennen, dessen lichtvolle Auseinandersetzungen wesentlich zum Verständniß der neuen Theorie beitrugen. Dana selbst hat sich in seinen späteren Publicationen vielfach auf Le Conte berufen, so daß es nicht leicht ist, das Verdienst der beiden Forscher genau auseinander zu halten.

N. Shaler[71]) unterscheidet die Entstehung der Continente von jener der Gebirge. Beide erklären sich aus der Contraction des Erdkerns; während aber die Continente aus Runzelungen der gesammten Dicke der Erdkruste hervorgehen, sind die Gebirge nur Faltungen in den äußeren Theilen der Erdrinde, hervorgerufen durch seitlichen Druck in Folge der Zusammenziehung der sich abkühlenden tieferen Regionen. Das Sinken der Meeresbecken veranlaßt unter Mitwirkung der angehäuften Sedimente Brüche längs der Küste und dadurch auch die Entstehung der den Küstenlinien parallelen Gebirgsketten.

Während in Nordamerika die Contractions- und Faltungstheorie durch tangentialen Druck immer festeren Fuß faßte, und die Frage der Gebirgsbildung vielfach und in verschiedener Weise erörtert wurde, bewegte man sich in Europa meist noch in den veralteten Geleisen des L. v. Buch'schen und Elie de Beaumont'schen Ideenganges. Immerhin betonen aber eine Anzahl Autoren, wie Lory, Ebray, Alph. Favre u. A. die Bedeutung horizontaler Verschiebungen in der Erdkruste. Ja R. Mallet[72]) nennt die Gebirgserhebung geradezu „eine verticale Resolution zweier tangentialer Kräfte" und spricht sich für den einseitigen Bau der Gebirge aus, wobei er in der angeblich meist steileren Westseite einen Einfluß der Erdrotation vermuthet. Derartige speculative Erörterungen ohne Begründung durch Beobachtungen in der Natur konnten naturgemäß eben so wenig Eindruck machen, wie die verunglückten und unklaren Hypothesen von Volger und Mohr, welche in der Zusammenpressung und seitlichen Emporquellung stark belasteter Sedimentmassen unter Mitwirkung der Krystallisationskraft das Räthsel der Gebirgsbildung zu lösen vermeinen.

Das Eingreifen von Ed. Sueß in diese Frage bedeutet den Beginn einer neuen Epoche. Mit genialem Blick erfaßt er das Problem der Gebirgsbildung wie Elie de Beaumont gewissermaßen als eine Lebensäußerung unseres Planeten und sucht es nicht wie die meisten seiner Vorgänger durch die Detailuntersuchung eines einzelnen Gebirges, sondern durch eine vergleichende Betrachtung aller wichtigeren Gebirgssysteme auf der Erdoberfläche zu ergründen. Ein kleines im Jahre 1875 unter dem Titel „Die Entstehung der Alpen" erschienenes Büchlein enthält in kurzen, aber scharfen Umrissen eine Fülle neuer Ideen, welche wie ein befruchtender Regen auf einen vertrockneten Boden fielen. Sueß bestreitet die Hebung der Gebirge oder Continente durch eine von unten nach oben wirkende Kraft; er widerlegt an zahlreichen

Beispielen die active Betheiligung von Eruptivgesteinen bei der Entstehung von Gebirgen und erklärt nach einer glänzenden Schilderung der wichtigeren Gebirgssysteme der Erdoberfläche eine Anordnung der letzteren nach geometrischen Gesetzen für illusorisch. Nicht aus dem oberflächlichen Verlauf der Gebirgsketten läßt sich nach Sueß ein Urtheil über die Art und die Zeit ihrer Entstehung gewinnen, sondern erst das genaue Studium ihrer Tektonik gewährt über die Bewegungen und Kräfte Aufschluß, denen sie ihren Ursprung verdanken. Eine speciellere Betrachtung des Alpensystems, zu welchem im weiteren Sinne auch der Faltenjura, die Karpathen, das ungarische Mittelgebirge, die dinarischen Höhenzüge längs der Adria und der Apennin gehören, führt zu dem Ergebniß, daß, entgegen der bisherigen Ansicht, nicht eine symmetrische Anordnung der einzelnen Zonen, sondern völlige Einseitigkeit den Bau dieses Gebirges beherrscht. Der steile Südabsturz der Westalpen gegen die piemontesische und lombardische Ebene bezeichnet eine bogenförmige Bruchspalte, von welcher aus sich das Gebirge unter dem Einfluß einer nach NW., N. und NO. wirkenden tangentialen Kraft zusammenfaltete. Die südlichen Nebenzonen der Ostalpen sind nicht durch die centrale Aufreißung und seitliche Auseinanderschiebung einer ursprünglich einheitlichen Decke entstanden, sondern stellen ein selbständiges, durch einen nordwestlichen Zusammenschub an die Alpen angepreßtes Gebirgssystem dar. Zwischen beiden ist im Osten sogar noch ein drittes Faltengebirge, das ungarische Mittelgebirge, eingezwängt. Aehnlichen einseitigen Bau, wie die Alpen, lassen der Balkan, Kaukasus und Ararat erkennen und bei all' diesen Kettengebirgen hat eine von Süden nach Norden wirkende tangentiale Kraft den Zusammenschub bewirkt. So ergibt sich also eine überraschende Aehnlichkeit mit den von Rogers und Dana beschriebenen amerikanischen Gebirgen und die von den transatlantischen Geologen vertheidigte Theorie des lateralen Zusammenschubs läßt sich mit einigen Modificationen auch auf die Gebirge Europa's anwenden. Damit ergibt sich aber auch die Nothwendigkeit für die Bestimmung der Aufrichtungsepoche der Gebirge eine andere Methode, als die von Elie de Beaumont vorgeschlagene, anzuwenden. In den Alpen haben tektonische Störungen schon in der mesozoischen Periode begonnen und nicht nur bis gegen Ende der Miocänzeit, sondern wenigstens auf dem Südabhang bis ins Pliocän, vielleicht sogar bis in die Diluvialperiode hinein fortgedauert. Zu einer vollständigen Ueber-

tragung der Dana'schen Hypothese auf die Alpen und zu einer Annahme, daß die inneren und höchsten Ketten dieses Gebirges auch die jüngsten seien, liegt freilich keine Veranlassung vor. Wohl aber muß den verschiedenartigen Stauungen durch benachbarte unbewegliche Gebirgsschollen, durch eingelagerte altvulkanische Gesteine und durch den Widerstand der zu faltenden Massen selbst sorgsam Rechnung getragen werden. Eine Betrachtung der den Alpen gegen West und Nord vorliegenden Massen oder Schollen (später Horste genannt) zeigt, daß dieselbe Kraft, welche den Faltenwurf der Alpen verursachte, auch im Riesengebirg, in den Sudeten, im Böhmerwald, im sächsischen Erzgebirg, im Harz, in den Ardennen u. s. w. gewirkt hat, und daß diese uralten Gebirge ebenfalls durch einen bald nach NW., bald nach N. oder NO. wirkenden Druck zusammengeschoben worden sind. Im Gegensatz zu dieser in Europa und auch in Nordamerika vorherrschenden, gegen Norden gerichteten Massenbewegung fehlt es auch nicht an Beispielen eines gegen Süden gewendeten Zusammenschubs. Als solche werden das Val Suganagebiet in den Südalpen, ferner Istrien, Dalmatien und der Karst, das Isergebirge und der Teutoburger Wald erwähnt. Im Großen tritt jedoch in dem gewaltigen Gebiet zwischen dem caspischen Meer und dem östlichen Ufer des pacifischen Ozeans die nördliche Bewegungsrichtung mit solcher Entschiedenheit zu Tage, daß man versucht sein könnte, an ein allgemeines Zuströmen der Materie gegen den Nordpol in der ganzen nördlichen Hemisphäre zu glauben. Doch dem widersprechen gewichtige Thatsachen. Zunächst machen sich an der östlichen Grenze des genannten Gebietes eine Anzahl häufig mit vulkanischen Erscheinungen in Zusammenhang stehender Störungen geltend, welche die direct von Nord nach Süd verlaufenden gewaltigen Spalten des Rothen Meers und des Jordanthals hervorgerufen, und die Streichrichtung des Uralgebirges und der westlichen Ghats beeinflußt haben. Oestlich davon beschreiben die wichtigeren asiatischen Gebirge nicht wie in Europa nach Norden, sondern nach Süden gewölbte Curven. Beim Vergleich des Himalaja mit den Alpen zeigt sich zwar eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung beider Gebirge, jedoch mit dem Unterschied, daß das südliche aus Tertiärgesteinen zusammengesetzte Vorland des Himalaja der nördlichen Molassezone der Alpen entspricht, während die mesozoischen, paläozoischen und krystallinischen Gesteine das eigentliche Hochgebirge zusammensetzen. Schon Medlicott hatte aus dem ganzen

Bau des Himalaja auf einen von Norden kommenden Seitendruck geschlossen, und diese nach Süden oder Südosten gerichtete Massenbewegung sucht Sueß nicht nur im Himalaja, sondern auch in anderen Gebirgen Centralasiens und Ostasiens nachzuweisen. Nach der gewaltigen Mächtigkeit und pelagischen Natur der die Gebirge zusammensetzenden Sedimentärgesteine läßt sich wohl mit Dana annehmen, daß sie meist in Geosynklinalen entstanden sind; doch beobachtet man nicht selten auch Lücken und Discordanzen in der Aufeinanderfolge der Formationen, welche für Oscillationen in der Meeresbedeckung Zeugniß ablegen. Daß sich übrigens mächtige pelagische Bildungen, Lücken in der Formationsreihe und Transgression gewisser Ablagerungen auch in Flachländern finden, wo keine nennenswerthen Schichtenstörungen vorkommen, wird nachdrücklich betont. Durch eine eingehende Schilderung der großartigen Transgression des Cenomanmeeres, die sich über einen ansehnlichen Theil von Europa, von Nord- und Südamerika und Nordafrika erstreckte, sucht Sueß zu zeigen, daß es neben den Dislocationen in der festen Erdkruste auch Bewegungen (Transgressionen und Regressionen) in der flüssigen Hülle gibt, die besser geeignet sind, das Datum gewisser Abschnitte in der Entwickelungsgeschichte der Erde zu bestimmen, als das Emportreten von Gebirgen.

Im Schlußkapitel dieser an Thatsachen und Ideen ungewöhnlich reichen Schrift faßt Ed. Sueß seine Gedanken über die Entstehung von Gebirgen etwa folgendermaßen zusammen. Das Streichen der Gebirgsketten erfolgt nicht nur in Parallelen zu größten Kreisen, sondern ist ablenkbar durch Hindernisse; die großen Faltensysteme der Gebirge entstehen häufig, wenn auch nicht ausschließlich in Geosynklinalen und bedürfen zu ihrer Ausbildung unendlich langer Zeiträume. Die Vulkane spielen bei der Gebirgsbildung eine untergeordnete Rolle. Die meisten Gebirge haben einseitigen Bau und zwar macht sich in Europa, Nordamerika und Nordafrika eine Massenbewegung gegen Norden, in Asien gegen Süden geltend. Aus diesen Thatsachen folgert nun Sueß einige Erfahrungsgesetze. Die einfachste Form der Gebirgsbildung ist ein Riß senkrecht zur Contractionsrichtung, wobei das abgerissene Stück in der Richtung der Contraction fortbewegt wird (Beispiel: Erzgebirge). Die zweite häufigste Gebirgsform beginnt mit der Anlage einer quer auf die Contraction streichenden und in der Richtung der Contraction geneigten Haupt-

falte, worauf in der Falte, an der Linie der größten Spannung ein Riß erfolgt. Darauf wird der nach vorwärts liegende Theil der Hauptfalte in der Richtung der Contraction weiter bewegt und thürmt vor sich die Sedimentgesteine in weiteren Falten auf, während der nach rückwärts liegende Theil hinabsinkt und zwischen seinen Trümmern Vulkane hervortreten (Beispiele: Apennin und Karpathen). Bei einer dritten Form der Gebirgsbildung entsteht eine größere Anzahl paralleler Falten, welche eine größere Breite einnehmen und in der Regel mit einem steilen Bruch der Innenseite der innersten Falte endigen (Beispiele: Faltenjura, Appalachen, Taunus, Ardennen). Von dem Maße und der Richtung der faltenden Kraft, von der Art des Widerstandes und von der größeren oder geringeren Sprödigkeit der Gesteinsarten hängt es ab, ob sich die secundären Falten erhalten oder ob sie die Gestalt von Brüchen annehmen, die auf Ebenen erfolgen, welche von Außen gegen das Innere des Gebirges geneigt sind und meist Ueberschiebungsebenen darstellen. Die contrahierende Kraft scheint in ausgedehnten Regionen seit außerordentlich langer Zeit dieselbe Richtung gehabt zu haben. Zuweilen ist die Amplitude einer Hauptfalte so groß, daß es nicht zur Bildung einer Gebirgskette, sondern zu einer continentalen Massenerhebung, wie gegenwärtig in Skandinavien, kommt.

Die Continente stellen, wie bereits Shaler angenommen hatte, Contractionen der gesammten Erdkruste dar, während die Gebirge nur als Faltungen der äußeren Zonen in Folge der Contraction der tiefer liegenden zu betrachten sind. Neben den bewegten und gebirgigen Theilen der Erdoberfläche gibt es stauende Massen, die entweder, wie in Böhmen, aus auf einander geschobenen und sich kreuzenden Gebirgszügen, Packeis vergleichbar, zusammengesetzt sind, oder aus ungestörten, horizontalen Schichten, wie die russische Scholle, bestehen. In der Vertheilung dieser meist durch Lückenhaftigkeit der sedimentären Reihe ausgezeichneten Schollen verräth sich, ebenso wenig wie in ihrem Umriß ein geometrisches Gesetz, allein ihre Anordnung ist entscheidend für die Form und den Verlauf der Falten, welche die Contraction in den zwischen ihnen liegenden biegsameren Theilen der Erdoberfläche erzeugt. Die gesammte Gebirgsbildung stellt somit den Erstarrungsproceß der Erdkruste dar, welcher in seinen Formen bedingt ist durch die Vertheilung gewisser älterer Urschollen oder Archibolen.

Dies sind im Wesentlichen die Gedanken der Sueß'schen Schrift, deren Wirkung sich am besten aus der Fluth von Literatur über Gebirgsbildung und Gebirgsbau ermessen läßt, welche seit 1875 immer mehr anschwellend bis zum heutigen Tag fortdauert und aus welcher hier nur einige der wichtigeren Erscheinungen herausgegriffen werden können.

Hatte Sueß mit weitem Blick gleichsam aus der Vogelperspective auf vergleichendem Wege das Problem der Gebirgsbildung behandelt, so suchte Alb. Heim die Ergebnisse einer mehrjährigen Untersuchung auf einem kleinen, aber höchst verwickelten Gebiete der Schweizer Alpen in geistvoller Weise zu einer Theorie der Gebirgsbildung zu verallgemeinern. Die Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe ist von einem Atlas mit 2 geologischen Karten und 15 vom Autor selbst lithographierten Tafeln begleitet.[73]) An Naturwahrheit, Treue und zugleich Schönheit der Ausführung übertreffen die Heim'schen Gebirgsansichten und geologischen Profile Alles, was bis dahin in dieser Art veröffentlicht wurde und auch die im ersten Band durchgeführte Detailbeschreibung der Tödi-Windgällen-Gruppe bildet einen überaus wichtigen Beitrag zur Tektonik der Alpen. Insbesondere den Faltungserscheinungen wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt, die tektonische Nomenclatur vervollständigt und erweitert und in der „Glarner Doppelfalte" eine Lagerungsstörung von ungewöhnlicher Großartigkeit geschildert. Heim kommt auf Grund seiner Beobachtungen zu dem Ergebniß, daß die Neigung einer seitlich gerichteten und liegenden Falte nicht durch die Richtung der Horizontalbewegung in der Erdkruste bedingt wird, sondern abhängig ist von localen Festigkeits- und Widerstandsungleichheiten, von der relativen Höhe der beiden Fußpunkte einer Falte, sowie von der Anwesenheit älterer Falten, denen sich die neugebildete anschmiegen muß. Dies ist der Grund, warum innerhalb ein und desselben Kettengebirges nach verschiedener Richtung überliegende Falten vorkommen können, wenngleich in der Regel allerdings eine Neigungsrichtung vorherrscht. Der zweite Band des Heim'schen Werkes behandelt den Mechanismus der Gebirgsbildung nach allgemeineren Gesichtspunkten, wobei die im Felde gewonnenen Ergebnisse zu Grunde gelegt werden. Biegung, Fältelung, Verquetschung, Transversalschieferung, Strecken von Schichten, mechanische Umformung von Versteinerungen sind Erscheinungen der gebirgsbildenden Kräfte. Der von Thurmann behauptete

weiche „pelomorphe“ Zustand der Gesteine während der Gebirgserhebung steht nach Heim mit allen unseren Erfahrungen im Widerspruch. Die Gesteine unserer Gebirge sind erst nach ihrer Erhärtung entweder durch Bruch oder auch bruchlos umgeformt worden und zwar sind die beiden Arten der Umformung gänzlich unabhängig von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Gesteine. Nicht immer genügt eine häufig durch mikroskopische Untersuchung nachweisbare vollständige Zerklüftung und Zertrümmerung eines Gesteins, um dessen Umbiegung oder Transversalschieferung zu erklären. Schieferung (Cleavage) ist meistens an und in der Umgebung der Umbiegungsstellen von Falten deutlicher entwickelt als in den Faltenschenkeln. Bruchlose Umformung findet nur in großer Tiefe statt und zeigt sich am häufigsten an alten Gesteinen. Zur Erklärung der bruchlosen Umformung der Gesteine nimmt Heim eine starke Belastung und einen allseitig auf die Gesteinstheilchen wirkenden Druck an, wodurch auch die sprödesten Massen angeblich in latent plastischen Zustand versetzt werden können. Auch gewisse Gesteinsmetamorphosen wie die Umwandlung von dichtem Kalkstein in Marmor, von Hämatit in Magnetit stehen mit dem Gebirgsdruck in Zusammenhang. Ueber das passive Verhalten der Centralmassive und der eruptiven Gesteine bringt Heim zahlreiche und durchaus überzeugende Beobachtungen. Die Centralmassive haben durchweg an der Faltung theilgenommen und erweisen sich theils als dicht gedrängte Gewölbe, theils als fächerartig zusammengedrückte Falten und haben nicht den geringsten Einfluß auf die darüberliegenden Sedimentärgesteine ausgeübt. Sie schmiegen sich an ihren Contactflächen den letztern meist aufs innigste an. Die isolierten Fetzen von Sedimentgesteinen in der Centralkette der Alpen sind nur Denudationsreste einer früher zusammenhängenden Decke. Für die Entstehung von Kettengebirgen genügen ausschließlich Contraction des Erdkerns, Nachsinken der zu groß gewordenen Kruste und Faltung der letzteren in Folge des tangentialen Druckes. Durch den Zusammenschub wird der ursprünglich von dem Gebirge eingenommene Raum verkleinert und zwar berechnet Heim die Breitenabnahme des Juragebirges in Folge der Faltung auf 5 bis 5,3 Kilometer, jene der Alpen auf ca. 120 Kilometer. Die Verkürzung des Erddurchmessers durch die gesammte Gebirgsbildung beträgt übrigens nicht einmal 1 %. Ein genaueres Studium der Tektonik der nördlichen Schweizeralpen zeigt, daß die centralen Ketten älter sind als

die äußern, daß der Gebirgsschub in den innern Theilen der Alpen vollständig aufgehört hat, in den nördlichen Ketten aber bis in die jüngste Tertiärperiode, vielleicht sogar bis in die Jetztzeit fordauert. Wie man sieht gelangt Alb. Heim in der Hauptsache zu ähnlichen Ergebnissen wie Ed. Sueß. Neu ist seine Theorie der latenten Plasticität, welche schon in einer Tiefe von 2200 bis 2600 Metern die Anwesenheit klaffender Spalten undenkbar macht. Heim hat darum fast ausschließlich Faltungen gesehen, Brüche und Verwerfungen spielen in der Tektonik des untersuchten Gebietes, sowie in seiner Theorie der Gebirgsbildung, eine ganz untergeordnete Rolle.

Gegen die Möglichkeit einer bruchlosen Umformung und gegen eine moleculare Plasticität der Gesteine erhoben Gümbel, Broegger, Stapff, Pfaff u. A. lebhaften Widerspruch. Alle Versuche, Gesteine durch bedeutenden Druck zusammenzupressen, erzielten stets nur eine Zertrümmerung, niemals aber eine Plasticität derselben, zudem halten nach Pfaff sehr viele Gesteine einen Druck von mehr als 20000 Atmosphären aus, ohne sich in nennenswerther Weise zu verändern. Ueberdies müßten nach der Heim'schen Theorie schon in geringer Tiefe jämmtliche Spalten vollständig geschlossen sein, was mit allen Erfahrungen über Vulkane und Erdbeben in Widerspruch stehe. Friedr. Pfaff[74]) geht freilich in seinem Hyperskepticismus soweit, daß er auf Grund einiger mit höchst primitiven Apparaten ausgeführter Experimente, sowie auf Grund theoretischer Erörterungen über das Verhalten der Erdkruste gegen Druck, die ganze Contractions- und Faltungstheorie verwirft und das Problem der Gebirgsbildung auf Auslaugungsvorgänge zurückzuführen sucht, wodurch Einbrüche und sonstige Störungen in der vom Wasser durchtränkten und ausgehöhlten Erdkruste verursacht werden. Damit stellt er sich auf einen unhaltbaren Standpunkt und begibt sich im Voraus jeder Möglichkeit, die Mannigfaltigkeit der Vorgänge in der Erdkruste und an der Erdoberfläche zu erklären.

Pfaff*) hatte weder den schon im Jahre 1813 angestellten berühmten Experimenten von James Hall in Edinburgh noch den mit weit vollkommeneren Apparaten ausgeführten Versuchen von A. Daubrée und Alph. Favre genügend Rechnung getragen. Daubrée[75]) geht

*) Pfaff Friedrich Alexius, geboren 1825 in Erlangen; 1859 Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Erlangen, gestorben am 18. Juli 1886.

von der Voraussetzung aus, daß bei den Schichtenbiegungen nicht nur horizontale, sondern auch verticale Kräfte gewirkt haben. Sein Apparat besteht aus einem rechteckigen eisernen Rahmen, welcher die zu pressenden Schichten aufnimmt. Der Druck wird bald nur von der Seite, bald aber auch gleichzeitig von oben ausgeübt. Statt der von Hall angewandten Tücher aus Wolle und Baumwolle und Thonlagen benützt Daubrée verschiedenartige Metallplatten und Tafeln von Wachs, vermischt mit Thon, Harz und Terpentin. Je nach den Pressungsbedingungen erhielt Daubrée Resultate, welche mit den tektonischen Erscheinungen in Faltengebirgen große Aehnlichkeit erkennen lassen. Geradezu überraschend wirken die von A. Favre[76]) veröffentlichten Bilder von Thonschichten, die auf einer gespannten Kautschukunterlage aufgetragen waren und durch Contraction der letzteren in Falten gelegt sind. Die Favre'schen Experimente wurden 1884 durch Schardt[77]) mit wechselnden Schichten von Thon und Sand wiederholt. Durch streng methodisch durchgeführte Druckversuche gelang es H. Cadell[78]) alle wichtigeren, in Faltengebirgen beobachtete tektonische Störungen nachzuahmen. Außerordentlich schön und instructiv sind auch die Bilder von seitlich zusammengepreßten Straten von verschiedener Beschaffenheit, welche Bailey Willis[79]) behufs Erläuterung der Tektonik der Appalachen veröffentlichte. Die Versuche von A. Daubrée, Favre, Cadell und Willis hatten bei Anwendung von starkem Seitendruck nicht nur Faltungen, sondern auch Zerreißungen und Brüche der verschiedensten Art geliefert. Die geologische Bedeutung von Brüchen, Spalten und Verwerfungen wurde schon von der Werner'schen Schule gewürdigt, war doch die ganze Lehre von den Erzgängen darauf begründet. Die bergmännische Literatur enthält zahlreiche und vorzügliche Darstellungen über Sprünge und Verwerfungen, unter denen nur Carnall's[80]) schon 1836 veröffentlichte Arbeit über „Die Sprünge im Steinkohlengebirg" von Schlesien, die Detailschilderungen der englischen Steinkohlendistricte in den Schriften der Geological Survey von Großbritannien und Köhler's[81]) eingehende Monographie über Verwerfungen und ähnliche Störungen als Beispiele genannt werden mögen. Den Spalten und Verwerfungen in Gebirgen wurden von de la Beche, Sedgwick, Thurmann, J. Phillips, Haughton, Harkneß und vielen Anderen besondere Aufmerksamkeit geschenkt und ihre Entstehung zumeist durch Zusammenziehung, mechanische Spannung, von William King[82])

auch durch Krystallisationsvorgänge erklärt. Bei der Gebirgsbildung kommen vor Allem die durch mechanische Vorgänge entstehenden Klüfte in Betracht und diese suchte A. Daubrée[83]) auf experimentellem Wege nachzuahmen. Durch Torsion, verticalen und seitlichen Druck wurden Glasplatten, Gesteinsstücke, Prismen von Wachs u. s. w. zerbrochen, die künstlich erzeugten Risse mit den in der Natur vorkommenden Klüften und Verwerfungen verglichen und dafür eine neue Nomenclatur (Diaclase, Paraclase, Lithoclase) vorgeschlagen. Der Einfluß dieser Risse auf die Oberflächengestaltung der Erde und namentlich auf Thalbildung wird von Daubrée eingehend an zahlreichen Beispielen erörtert.

In geistvoller Weise bespricht auch E. Reyer[84]) die Spalten, Klüfte und Rupturen in der Erdkruste und erklärt die letzteren durch Spannungsdifferenzen in Folge von ungleicher Belastung, von ungleichem Substanzwechsel (Stoffaufnahme oder Abgabe) und ungleicher Abkühlung oder Erwärmung benachbarter Gebiete. Reyer legt den großen Rupturen die größte Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche bei und zeigt an zahlreichen Beispielen von Grabenbrüchen, Kesselbrüchen und Bruchfeldern, wie in den von Bruchspalten begrenzten Senkungsgebieten Eruptivmassen empordringen und dieselben verfestigen.

Im Jahre 1883 bis 1885 veröffentlichte Ed. Sueß den ersten Band seines „Antlitz der Erde", dem 1888 der zweite Band folgte; ein dritter und letzter Band steht noch in Aussicht. In diesem großartigen Werk sucht der Verfasser die meisten Ideen über Gebirgs- und Continentalbildung, welche in der „Entstehung der Alpen" in den Hauptzügen bereits angedeutet waren, tiefer zu begründen oder zu verbessern. Es handelt sich jetzt allerdings nicht mehr allein um die Entstehung der Gebirge und Continente, sondern um eine Darstellung der wichtigeren Ereignisse, welche sich im Verlauf der geologischen Perioden sowohl in der festen Erdkruste als auch in der Wasserhülle unseres Planeten abgespielt haben. Der heutige Zustand unserer Erdoberfläche soll erklärt werden aus den einstigen Veränderungen in der festen und flüssigen Hülle der Erde. Zu diesem Behufe erörtert Sueß zunächst die Bewegungen im festen Felsgerüste der Erde. Er beginnt mit der Sintfluth, als einem der letzten großartigen, wahrscheinlich durch Erdbeben und eine Cyclone aus dem persischen Meerbusen verursachten geologischen Ereigniß, durch welches

Mesopotamien von einer verheerenden Ueberschwemmung heimgesucht wurde. Als historische Grundlage dieses Kapitels dient neben der biblischen Ueberlieferung das Izdubar Epos des Babyloniers Berosus. Ein zweiter Abschnitt behandelt die Erdbeben und ein dritter die verschiedenen, mit dem Schrumpfen des Erdkerns zusammenhängenden Dislocationen. Die Bewegungen zerfallen in tangentiale und radiale Spannungen, wodurch horizontale und verticale Verschiebungen verursacht werden. Bei den ersteren werden die verschiedenen Arten von Falten, Luftsätteln, Ueberschiebungen (Wechsel) und die senkrecht auf das Streichen gerichteten Verschiebungen oder Blätter an zahlreichen Beispielen erläutert. Durch Wiederholung von Ueberschiebungen geht die sogenannte Schuppenstruktur hervor. Die verticalen Verschiebungen äußern sich als Einsenkungen und Einbrüche, die stets von zahlreichen Rissen und Spalten begleitet sind, und die sich wieder in peripherische, radiale, diagonale und transversale Spalten eintheilen lassen. Je nach der Art des Niedersinkens der dislocierten Theile der Erdkruste entstehen Kesselbrüche, Grabenversenkungen, Flexuren, Verwerfungen und Tafelbrüche. Complicierte tektonische Erscheinungen, wie Rückfaltung und Vorfaltung, entstehen durch Vereinigung von Senkung und tangentialer Bewegung. Durch die Ausführungen dieses wichtigen Kapitels werden verschiedene in der „Entstehung der Alpen" ausgesprochene Ansichten über Gebirgsbildung nicht unerheblich modificiert. Die Vulkane betrachtet Sueß nur als geringe und oberflächliche Anzeichen von großartigen Vorgängen in der Tiefe des Erdkörpers. Indem er an einer Reihe von Beispielen die allmähliche Entkleidung und theilweise Zerstörung eines vulkanischen Berges verfolgt, gelangt er zur Herstellung von „Denudationsreihen", welche zeigen sollen, daß zwischen den Aufschüttungsvulkanen der Jetztzeit, den Massenergüssen früherer Perioden, den Laccolithen und Tiefengesteinen der ältesten Perioden kein fundamentaler Unterschied besteht. Mit besonderer Sorgfalt sind auch die Spalten und Gänge an thätigen und erloschenen Vulkanen geschildert. In ähnlicher Weise werden die durch Erdbeben verursachten Spalten und Dislocationen erörtert. Nach diesen vorbereitenden Abschnitten tritt Sueß seiner eigentlichen Aufgabe näher, indem er zunächst die Gebirge der Erde einer eingehenden vergleichenden Betrachtung unterzieht und aus ihrem tektonischen Bau die Geschichte ihrer Entstehung abzuleiten sucht. Beginnend mit dem nördlichen Vorland der Alpen wird auf die bedeutungsvolle Rolle

der russischen Platte, der Sudeten und der mitteleuropäischen Gebirgskerne hingewiesen. Sie verhalten sich zu dem in der Faltung begriffenen Alpenzug als stauende Hindernisse (Horste), werden entweder wie die Sudeten und ein Theil der russischen Platte von den vordringenden Falten der Karpathen überwältigt und bedeckt oder bleiben als hemmende Pfeiler unerschüttert in der bewegten Umgebung stehen. Aus der Streichungsrichtung der Hauptfalten ergeben sich die sogenannten Leitlinien des Alpensystems, deren Umbiegungen und wirbelförmige Anordnung eingehend erörtert wird. Die früher angenommene, ausschließlich nach N., NW. oder NO. gerichtete Bewegung wird jetzt für die südlichen Apenninen und das Küstengebirg in Nordwestafrika als unzutreffend anerkannt und in einem besonderen Abschnitt das von Ed. v. Mojsisovics genauer untersuchte großartige Einbruchsgebiet in den Südalpen zwischen Adamello und dem Gailthal geschildert, mit dem auch die Entstehung der Adria in Beziehung steht. Ein weiterer Abschnitt beschäftigt sich mit der geologischen Vergangenheit des Mittelmeeres oder der Thetys, wie dasselbe später genannt wird. Von den Antillen an den Südufern Nordamerikas vorüber quer durch den Atlantischen Ozean, durch Mitteleuropa hindurch bis tief hinein nach Centralasien führt uns der Verfasser und weist durch eine erschöpfende Betrachtung der verschiedenen tertiären Sedimentgebilde die einstige Ausdehnung, Umrandung und die Entwickelungsphasen dieses Ozeans nach, von dem das heutige Mittelmeer nur noch einen dürftigen Rest darstellt. Die Zertrümmerung der benachbarten Festländer, der in sehr später Zeit erfolgte Einbruch des ägäischen und schwarzen Meeres sind mit einer geradezu staunenswerthen Sach- und Literaturkenntniß bis in's Einzelne verfolgt. Die folgenden Abschnitte behandeln die große Wüstentafel der Sahara mit ihrer Fortsetzung nach Arabien und Palästina; das ausgedehnte südafrikanische Tafelland, das sich ehemals als „Gondwanaland" über Madagascar bis nach Südindien und Australien erstreckte und allenthalben durch eingebrochene Ufer umgrenzt ist, und endlich die indischen und centralasiatischen Gebirgssysteme und deren Beziehungen zu den Alpen und europäischen Gebirgen.

Bei der Betrachtung von Südamerika wird der einheitliche Bau dieses Continentes betont. Im Osten und in der Mitte liegt die große brasilianische Tafel mit flach gelagerten paläozoischen Sedimenten, im Westen erheben sich die durch tangentiale Faltung auf-

gethürmten Cordilleren mit ihren jungen Vulkanen. Zwischen Süd- und Nordamerika schiebt sich Centralamerika als ein geologisch selbständiges Gebiet ein, das einst an der Umrahmung der Thetys theilnahm. In Nordamerika bieten die Appalachen, die Gebirgszüge des Westens und die dazwischen liegenden Tafelländer vielfach Gelegenheit zur Besprechung der amerikanischen Literatur über Gebirgsbildung. Das Schlußkapitel des ersten Bandes faßt die wichtigsten allgemeineren Ergebnisse der vorhergehenden Abschnitte zusammen. Zunächst wird darauf hingewiesen, daß die Namen „alte und neue Welt" geologisch durchaus ungerechtfertigt sind, denn Nordamerika ist zum größten Theil seit der Kreidezeit trocken gelegt und darum ein verhältnißmäßig alter Welttheil. Eine zweite Einheit ist Südamerika, ein Schild, nach drei Seiten von Gebirgswällen umgürtet und nur gegen O. und NO. ohne sichtbare Leitlinien gebrochen.' In der alten Welt sind drei verschiedenartige Gebiete zusammengeschweißt: 1. das südliche, seit Schluß der Carbonzeit nicht mehr vollständig vom Meer überfluthete Gondwanaland, 2. Indo-Afrika, die heutige Sahara, Aegypten, Syrien und Arabien, zur Kreidezeit vom Meer bedeckt, aber seit der paläozoischen Zeit von Faltungen verschont, und 3. Eurasien, das nordwestliche Afrika, Europa und der Rest von Asien. Der südliche Rand von Eurasien ist stark gefaltet und auf lange Strecken über das indoafrikanische Tafelland übergeschoben. Nach einem kurzen Ueberblick über die Entstehung der verschiedenen Theile des Mittelmeers werden die einstigen Umrisse des atlantischen und pacifischen Ozeans aufgesucht und schließlich noch einmal die Bedeutung der Tafeln, Horste, Faltengebirge und Vulkane für die Erdgestaltung hervorgehoben.

Der zweite Band beginnt mit einem historischen Ueberblick der verschiedenen Meinungen über die Bedeutung der Strandverschiebungen und säculären Hebungen und Senkungen des Bodens, wobei Sueß die Vorzüge einer indifferenten Terminologie (positive und negative Strandverschiebungen) betont. Dann folgen zwei geradezu glänzende Abschnitte über die Umrisse des atlantischen und pacifischen Ozeans. Die Ergebnisse einer ein ganzes Jahrhundert umspannenden und schwer zu überblickenden Detailforschung sind hier in geistvoller Weise unter allgemeinen Gesichtspunkten zusammengefaßt und zu geologischen Gemälden vereinigt, wie sie bis dahin noch Niemand zu entwerfen gewagt hatte. Ein Vergleich der nördlichen europäischen und nord-

amerikanischen Bruchgebiete enthüllt ungeahnte Homologien zwischen den beiden Welttheilen. Die Reconstruction der uralten, zum Theil abgetragenen und zerstückelten armoricanischen und variscischen Gebirgssysteme und der Nachweis späterer Faltungen nach derselben Richtung, denen Alpen und Pyrenäen ihre Existenz verdanken, sind Muster einer genialen Combination.

Auf eine Wiedergabe des reichen Inhaltes der genannten Abschnitte muß hier verzichtet werden; enthalten sie doch so ziemlich Alles, was bis jetzt über die Geologie der betreffenden Gebiete bekannt ist. Manche der von Sueß ausgesprochenen Vermuthungen werden wahrscheinlich der Kritik einer späteren Zeit nicht Stand halten können; aber in vielen Fällen bedeutet schon die Aufstellung einer Hypothese, deren Begründung und Widerlegung vielleicht Generationen von Geologen beschäftigen wird, einen nicht hoch genug zu schätzenden Fortschritt 'gegenüber einer durch engere oder weitere Schranken gefesselten Detailforschung. Und wie auch die verwickeltsten Verhältnisse sich vereinfachen, sobald sie unter großen und einheitlichen Gesichtspunkten zusammengefaßt werden, das hat Sueß an vielen Beispielen in meisterhafter Weise gezeigt. Das „Antlitz der Erde" will aber, wie bereits erwähnt, nicht nur die Entstehung der Gebirge erklären, sondern die wichtigeren Ereignisse, welche die Erde seit der Bildung einer festen Kruste durchgemacht hat, in chronologischer Reihenfolge darstellen. Dazu ist aber vor Allem die Kenntniß von der Ausdehnung und Beschaffenheit der früheren Ozeane erforderlich. Eine eingehende Schilderung der paläozoischen, mesozoischen und tertiären Meere mit ihren Transgressionen und Regressionen enthält eine Menge neuer Gedanken und führt den Autor schließlich zu den noch jetzt bemerkbaren Oscillationen des Meeresspiegels. Die Strandlinien Skandinaviens werden zum größten Theil als Beweise eines zurückweichenden Wasserspiegels betrachtet und im Widerspruch mit der herrschenden Meinung jede selbständige Bodenerhebung in Abrede gestellt. Auch die Strandverschiebungen am Mittelmeer, im indischen und pacifischen Ozean und an den Küsten von Südamerika will Sueß lediglich durch Bewegungen in der Wasserhülle, nicht aber in der festen Erdkruste erklären. Zerreißungen und Zusammenbrüche der ganzen Erdkruste und tangentiale Faltung ihrer oberen Zonen sind die Kräfte, denen die Erde die ursprüngliche Gliederung ihrer Erdoberfläche verdankt. Ein actives oder passives Emporsteigen

gewisser Theile der Erdkruste gibt es nicht, die Elevationstheorie ist nach Sueß ein großer Irrthum! Das Alter der Gebirgssysteme läßt sich nicht nach der von Elie de Beaumont ausgeklügelten Schablone bestimmen, denn in der Regel erfordert die Aufrichtung eines Gebirges gewaltige Zeiträume. Dennoch tritt der Gedanke, die großen physikalischen Ereignisse der Erdgeschichte mit jenen der Entwickelung der organischen Welt in Zusammenhang zu bringen und darauf eine natürliche und allgemeine Gliederung der Formationen zu errichten, auch bei Sueß in den Vordergrund; allein dazu dürfte sich nach seiner Meinung viel weniger die Entstehung neuer Gebirgssysteme eignen, als vielmehr die periodische Wiederkehr jener großen Transgressionen, deren Ursache allerdings bis jetzt noch nicht vollständig klar gelegt ist.

Das Sueß'sche Werk faßt in wundervoller Darstellung fast das ganze geologische Wissen der Gegenwart zusammen und wird voraussichtlich für lange Zeit die Fundgrube bleiben, worin jüngeren Generationen die wissenschaftlichen Ideen der Vergangenheit aufsuchen und kennen lernen und die Aufgaben für die Zukunft schöpfen. Mit der Veröffentlichung des „Antlitz der Erde" beginnt ein neuer, vielversprechender Zweig der Erdkunde, die vergleichende topographische Geologie. Die Zeit der reinen, sich selbst genügenden Detailuntersuchung ist wenigstens für die genauer bekannten Theile der Erdoberfläche vorüber; jetzt heißt es, die verwirrende Masse der Thatsachen unter allgemeinen Gesichtspunkten zusammenzufassen und in dem Chaos der Einzelerscheinungen nach leitenden Gesetzen zu suchen.

Den Weg zu diesem Ziel hat Sueß gewiesen. Er hat namentlich im Anfang lebhaften Widerspruch, aber auch ebenso begeisterte Zustimmung gefunden. Einer der hervorragendsten jetzt lebenden Geologen[85]) schließt das Vorwort zur französischen Uebersetzung des Sueß'schen Werkes mit den Worten: »La création d'une science, comme celle d'un monde, demande plus d'un jour; mais quand nos successeurs écriront l'histoire de la nôtre, il diront, j'en suis persuadé, que l'œuvre de M. Suess marque dans cette histoire la fin du premier jour, celui où la lumière fut.«

Sueß hat Schule gemacht und der Contractionstheorie fast allgemeine Anerkennung verschafft. Doch fehlt es nicht an vereinzelten Versuchen, die Gebirgsbildung in anderer Weise zu erklären. Unter diesen fanden die Bemühungen Mellard Read's[86]), die Hutton'sche

Expansionstheorie im Detail auszuarbeiten und den Erfahrungen der modernen Geologie anzupassen, namentlich in England und Nordamerika vielfache Beachtung. Die Resultate einer Anzahl in ziemlich primitiver Weise angestellter Versuche über die Ausdehnung von Metallen und Gesteinen bei verschiedener Art der Erwärmung wurden theoretisch zur Erklärung der Bewegungen innerhalb der Erdkruste verwerthet. Mellard Read geht wie J. Hall und Dana von dem Grundsatz aus, daß Gebirgsbildung nur in Gebieten mächtiger Sedimentablagerung stattfinde, und daß in den durch Sedimentmassen verdickten Theilen der Erdkruste eine Temperaturerhöhung stattfinde, welche der Mächtigkeit der Sedimente proportional sei. Während aber Babbage, Lyell, Dana u. A. der durch Eigenwärme der Erde erzeugten Temperaturerhöhung lediglich eine lineare, nach oben wirkende Expansionskraft zuschrieben, zeigt M. Read, daß diese Ausdehnung eine cubische, d. h. nach oben, unten und den Seiten gerichtete sein müsse. Da jedoch die seitliche Ausdehnung in der Begrenzung des erhitzten Areals durch die in normalem Zustand befindliche Erdkruste Widerstand findet, so äußert sich ihre Wirkung in Zusammenfaltungen und Anschwellungen der erwärmten Sedimentmassen. Die seitliche cubische Ausdehnung setzt sich somit in eine verticale, nach oben gerichtete Bewegung um, welche dreimal so groß ist als die einfache lineare Ausdehnung nach einer Richtung. Die oberen, von der Erdwärme wenig beeinflußten Schichten befinden sich unter dem Druck der anschwellenden und erhitzten unteren Schichten in einem Zustand starker Spannung, die unteren dagegen in heftiger Compression. Beide sind durch eine Zone getrennt, worin sich Spannung und Compression auf dem Nullpunkt befinden (level of no strain). An der Ausdehnung und Compression nimmt aber auch der Untergrund theil, auf welchem die Sedimentablagerung stattgefunden hat. Es müssen darum auch die uralten Sedimentgesteine von Neuem durch Wärme und Druck erweicht, gefaltet und in der mannigfaltigsten Weise zusammengepreßt werden, und da die plastisch gewordenen Massen in der Tiefe, wo sie nicht seitlich ausweichen können, sich an den Linien des geringsten Widerstandes, d. h. in den Antiklinalaxen der gebildeten Falten und Gewölbe zusammendrängen und in diese hineingepreßt werden, so verstärken sie die Hebungserscheinung an der Oberfläche und bilden in der Regel die aus krystallinischen Gesteinen bestehenden Axen der höchsten Ketten eines Gebirgssystems. Da aber die Entstehung eines Gebirges

unendlich lange Zeit beansprucht, so können in den unterirdischen Massen vielfache Aenderungen in der Temperatur eintreten. Jede Erhöhung der Temperatur verursacht auch eine neue Ausdehnung nach oben und so können nach und nach die Gebirgsketten immer höher aus ihrer Umgebung aufsteigen. Sprünge und Verwerfungen sind Contractionserscheinungen in Folge von Abkühlung und darum in der Regel jünger als die Faltung und Aufrichtung der Gebirgsketten. Mit jeder Zerreißung ist meist auch eine Senkung eines oder beider Ränder der Spalte verbunden. Mellard Read sucht seine Theorie durch eine große Menge Beispiele und Profile aus der englischen und nordamerikanischen Literatur zu stützen. Seine Theorie betrachtet die Gebirgsbildung als eine rein locale, engbegrenzte Erscheinung und in diesem Umstand, sowie in der ungenügenden Erklärung, wie durch Summierung geringfügiger Ausdehnungen im Laufe der Zeit so hohe Gebirgsketten entstehen können, beruht ihre Schwäche.

Ebensowenig wie Mellard Read konnte der amerikanische Geologe und Orograph Dutton die Contractionstheorie durch seine Lehre der „Isostasie“ beseitigen. Nach Dutton[87]) ist die Erdkruste keine homogene Masse, sondern besteht aus schwereren und leichteren Massen; zur Herstellung des Gleichgewichts (Isostasie) verursachen die ersteren Einsenkungen, die letzteren Wölbungen an der Oberfläche. Wird nun eine bereits vorhandene Vertiefung durch mächtige Sedimentmassen beschwert, so muß sie tiefer sinken und wenn gleichzeitig die angrenzende Anschwellung durch oberflächliche Denudation abgetragen wird, so erhebt sich deren Sockel im gleichen Betrag wie die Abtragung. Ueberwinden diese Bewegungen die Starrheit der Erdkruste, so tritt eine Art Fließen der Küstensedimente gegen den in Entlastung begriffenen Continent ein und zwar in solcher Intensität, daß Falten aufgeworfen und Gebirgsketten gebildet werden.

Reyer[88]) stellte unter Ablehnung der Contractionstheorie eine neue Hypothese über Gebirgsbildung auf. Ausgehend von der Annahme, daß jedes Faltengebirge durch eine Ruptur der Erdkruste veranlaßt sei, bei welcher die Massen nach einer Seite stufig absinken, entsteht an der Erdoberfläche ein unsymmetrisches Relief. Erhalten die Sedimentgesteine eines der beiden Ränder einer Spalte durch Hebung geneigte Stellung, so werden sie nach Reyer abgleiten und sich bei ihrem Abwärtsbewegen in complicierte Falten legen müssen. Diesen Faltungsproceß durch Gleiten auf schiefer Ebene sucht Reyer experi-

mentell nachzuahmen. Auch A. Rothpletz[89]), dem man eine Anzahl vortrefflicher tektonischer Untersuchungen über die Vilser Alpen, das Karwendelgebirge, die Glarner Alpen und über complicierte Ueberschiebungen verdankt, hält in dem Schlußabschnitt seiner Erörterungen über ein Profil durch die Ostalpen die Contractionstheorie für ungenügend zur Erklärung der ungleichen Schwerkraftvertheilung in der Erdkruste, sowie der vulkanischen Eruptionen und glaubt, daß durch Annahme der Expansion gewisser Theile der Erdkruste eine befriedigendere Lösung dieser Erscheinungen gefunden werden könne. Er betrachtet die Erdkruste als ein ringsum geschlossenes Kugelgewölbe, in das die Continente als Gewölbe mit kürzerem Radius eingeschaltet sind. Unter der starren Kruste befindet sich das zäh- oder gluthflüssige Erdinnere und zwischen beiden eine in Abkühlung befindliche Zone, welche sich bei der Erstarrung nicht zusammenzieht, sondern ausdehnt. Von hier wird somit ein verticaler und tangentialer Druck gegen das Kugelgewölbe der Kruste ausgeübt. An Stelle des schwächeren Widerstandes tritt eine Zerreißung ein, die in der Erstarrung begriffene Zone dehnt sich nach oben aus, schiebt einen Theil der Kruste in die Höhe, verursacht an der Oberfläche Continente oder Tafelländer und gestattet an den Fugen ein Empordringen von schmelzflüssigem Magma aus der Tiefe. Zugleich sucht sich die tangentiale Spannung in dem gehobenen Continent durch Faltenbildung auszugleichen. Auf den entstandenen Continenten wiederholt sich derselbe Proceß im kleineren Maßstabe. An besonders schwachen Stellen bilden sich Erhebungen und Faltengebirge, begleitet von vulkanischen Ausbrüchen. Die durch Erstarrung und Abkühlung ausgedehnte Unterlage der Continente und Gebirge hat ihr specifisches Gewicht vermindert und erscheint darum gegenüber der Unterlage der Ozeane als Massendefect. Die Expansionstheorie von Rothpletz beruht auf der Annahme, daß sich die unter der festen Kruste befindlichen Massen bei der Abkühlung nicht, wie unter normalen Bedingungen, zusammenziehen, sondern unter hoher Belastung nach Analogie von Wismuth und anderen Substanzen ausdehnen.

Anmerkungen zum 3. Kapitel der 4. Periode.
Abschnitt g und h.

[1]) 1843. Bd. V. S. 25.

[2]) Illustration of the Huttonian theorie of the Earth. S. 355.

[3]) Johnston James. On a gradual Elevation of the Land in Scandinavia. Edinburgh new Philos. Journal 1833/34. XV. S. 34.

[4]) Rise of land in Sweden. Philos. Transactions 1835. Bd. 125. pt. I.

[5]) Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Christiania 1837. I. S. 105 bis 254.

[6]) Robert E. Bulletin Soc. géol. de France 1838. vol. IX u. 1842. vol. XIII. und Comptes rendus 1844. XIX. S. 265.

[7]) Bravais A. Comptes rend. 1842. XV. S. 817 und Voyage de la Commission du Nord en Scandinavie, en Laponie etc. Paris 1843.

[8]) Naumann C. F. Lehrbuch der Geognosie 1850. Bd. I. S. 273.

[9]) Chambers Rob. Ancient sea-margins. Edinburgh 1848. S. 289.

[10]) Kjerulf Theod. Om Skuringsmaerker, Glacialformationen, Terrasser og Strandlinier etc. I u. II. Universitätsprogramm. Christiania 1871 u. 1873. — Udsigt over det sydliges Norges Geologi. Christiania 1879. Ins Deutsche übersetzt von Gurlt. Bonn 1880. — Nogle af Geologiens Tidmaalerne. Christiania 1874.

[11]) Sexe A. Jaettegryder og gamle Strandlinier i fast Klippe. Universitätsprogramm. Christiania 1874. — Om nogle gamle Strandlinier. Arch. for Math. og Naturvidensk. Christiania 1876. Bd. I.

[12]) Mohn H. Bidrag till Kundskaben om gamle Strandlinier i Norge. Nyt Mag. for Naturvidensk. 1876. XXII. S. 1—53.

[13]) Pettersen K. Geologiske Undersöyelser i Tromsö Amt. K. norsk Vidensk. Selsk. skrifter. Trondjem. Bd. VI (1870). VII (1872 u. 1874). — Om de i fast Berg utgravede Strandlinier. Arch. for Math. og Naturvidensk. Christiania. III. 1878. S. 182—223 u. IV. 1879. S. 167. — Continentalmassers langsomme seculare Stigning eller Saenkning. Tromsö 1878. — Terrassen und alte Strandlinien mit Karte und Profilen. Deutsch von R. Lehmann (Zeitsch. für gesammte Naturwissenschaft. Halle 1880. Bd. LIII.)

[14]) Lehmann R. Ueber ehemalige Strandlinien im anstehenden Fels in Norwegen. Programm der Realschule in Halle. 1879. — Neue Beiträge zur Kenntniß der ehemaligen Strandlinien in Norwegen. Zeitschr. für gesammte Naturw. Halle 1881. LIV.

[15]) de Geer. Geolog. Förening. Stockholm Förhandl. 1888. S. 366 u. 1890. S. 61.

[16]) Proceed geol. Soc. London 1835. II. S. 180.

[17]) ibid. S. 545.

[18]) Mac Culloch. Trans. geol. Soc. London 1th ser. vol. IV.

[19]) Darwin Ch. Observations on the parallel roads etc. Philos. Trans. 1839. pt. 1.

[20]) Agassiz L. Proceed. geol. Soc. London 1840. III. S. 328.

[21] Murchison Rod. Anniversary Adress. Edinburgh new philos. Journal 1842. XXXIII.

[22] Peschel Oscar. Ausland 1867 und Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde. 3. Aufl. 1878.

[23] Réclus Elisé. La Terre. 3ème éd. 1874. Bd. I. S. 700.

[24] Credner Rud. Die Deltas. Ergänzungsheft Nr. 56 zu Petermann's Mittheilungen 1878.

[25] Hahn F. G. Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. Leipzig 1879.

[26] Issel Art. Le Oscillazioni lente del suolo o bradisismi. Genova 1883.

[27] Dana J. in Wilke's U. S. Exploring Exped. 1849. X. S. 670. 677.

[28] Sartorius v. Waltershausen. Ueber die submarinen vulkanischen Ausbrüche des Val di Noto. Göttinger Studien 1845.

[29] Goethe Wolfgang v. Der Serapistempel, ein architektonisch-naturhistorisches Problem. Gesammelte Werke Bd. 40.

[30] Brauns D. Das Problem des Serapeums von Pozzuoli. Leopoldina 1888. Bd. XXIV.

[31] Sueß Ed. Antlitz der Erde. Bd. II. S. 476—494.

[32] Pöppig Eduard. Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrom während der Jahre 1827 bis 1832.

[33] Darwin Charles. Geolog. Observations on South America. 1846.

[34] Darwin Charles. On the connexion of certain volcanic Phenomena in South America and the formation of mountain chains and volcanos, as the Effect of the same power by which continents are elevated. Trans. geol. Soc. London 1838. vol. V.

[35] Bronn H. G. Geschichte der Natur. I. S. 249.

[36] Bischof G. Lehrbuch der chemischen und physikal. Geologie. 2. Aufl. Bd. I. S. 336—356.

[37] Adhémar J. Révolutions de la Mer. Paris 1842.

[38] Croll James. Climate and time in their geological relations. London 1875 und verschiedene Abhandlungen im Philos. Magazine seit 1864.

[39] Schmick J. H. Die Umsetzung der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde. Köln 1869 und spätere Schriften über denselben Gegenstand. — Sonne und Mond als Motoren und Anordner der verschiebbaren Erdstoffe. Programm der städtischen Realschule in Köln. 1878/79.

[40] Howorth H. H. Journal geographical Society 1873. vol. 43. p. 240—263, sowie in Nature 1871. Decemb. S. 162. — 1872. März S. 420. — 1874. Jan. S. 201.

[41] Trautschold Herm. Ueber säculäre Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche. Inaug.-Dissert. Dorpat 1869. — Bullet. Soc. imp. Natural. Moscou 1879. 1882 u. 1883.

[42] Sueß Ed. Die Entstehung der Alpen. 1875. S. 119 u. 150. — Ueber die vermeintlichen säculären Schwankungen einzelner Theile der Erdoberfläche. Verhandlungen d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1880. Nr. 11. S. 171—180.

[43]) Dechen v. Sitzungsber. der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. 1880. November.

[44]) Penck Albr. Jahresbericht der geographischen Gesellschaft München. Bd. VII. 1882.

[45]) Upham B. 10[th] Ann. Rep. of the geol. and natural hist. Survey Minnesota for 1881. St. Paul 1882 und 11[th] Ann. Rep. 1884. — Bull. U. S geol. Survey No. 39. 1887.

[46]) Sueß Ed. Das Antlitz der Erde. Bd. II. S. 703.

[47]) Trygalsky Erich v. Ueber Bewegungen der Continente zur Eiszeit. Verhandlungen des VIII. deutschen Geographentages in Berlin. 1889.

[48]) Brückner Ed. Ueber Schwankungen der Seen und Meere. Verhandlungen des IX. deutschen Geographentages 1891. S. 209.

[49]) Holmström Leonhard. Om Strandliniens förskjutning å Sveriges Kuster. K. Svenska Vetensk. Akad. Handlingar 1888. XXII. No 9.

[50]) Sieger Rob. Niveauveränderungen an skandinavischen Seen und Küsten. Ebenda S. 224. — Seenschwankungen und Strandverschiebungen in Skandinavien. Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde. Berlin 1893. XXVIII.

[51]) Kayser Em. Lehrbuch der allgemeinen Geologie. Stuttgart 1893. Bd. I. S. 452.

[52]) Penck Albr. Morphologie der Erdoberfläche. II. 536. (1894.)

[53]) Brückner Ed. Allgemeine Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny. II. Die feste Erdrinde und ihre Formen. Wien 1898.

[54]) Buch Leop. v. Ueber Dolomit als Gebirgsart. I u. II. Abhandl. der Berliner Akademie für 1822—1823. — Ueber geognostische Erscheinungen im Fassathal. Leonhard's mineral. Taschenbuch 1824. — Ueber den Thüringer Wald und über den Harz. ibid. 1824.

[55]) Poulett-Scrope. On Volcanos. 1825.

[56]) Voltz L. Ph. Sur le redressement des Strates. Mémoires Soc. d'hist. nat. de Strasbourg. I. 1830.

[57]) Buch Leop. v. Ueber die geognostischen Systeme von Deutschland. Leonhard's mineralog. Taschenbuch für 1824. S. 501—506.

[58]) Elie de Beaumont. Extrait d'une série de recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes et les changements soudains des terrains de sédiment. Annales des Sciences naturelles. t. XVIII u. XIX. 1829 u. 1830.

[59]) Notices sur les systèmes de montagnes. t. III. p. 1238 etc. u. 1329 etc.

[60]) Elie de Beaumont L. Notice sur les systèmes de Montagnes. 3 vol. Paris 1852. — Comptes rendus 1850. t. 31; 1863. t. 57 u. 1864. t. 58. — Rapports sur les progrès de la Stratigraphie. Paris 1859.

[61]) Philos. Mag. and Journal of Science 1831. 3[th] ser. No. 2.

[62]) Thurmann Jules. Essai sur les soulèvements jurassiques du Porrentruy. Mém. Société d'hist. nat. de Strasbourg. vol. I. 1830. — Essai sur les soulèvements jurassiques. Sec. Cahier. Porrentruy 1836.

63) Thurmann Jules. Essai d'orographie jurassique. Oeuvre posthume. Genève 1856.

64) Lory Ch. Géologie du Dauphiné. Paris 1860. u. Bull. Soc. géol. de France 1866. 2 sér. XXIII. S. 492 u. 1873. 3 sér. I. S. 397.

65) Magnan. Du mode de la formation des Montagnes etc. Mém. Soc. géol. de France. 2 sér. vol. X. 1874.

66) Rogers Henry Darwin. The Geology of Pennsylvania. 2 Bände. New-York 1868. Die theoretischen Ergebnisse über Gebirgsbildung sind in Bd. II. S. 885—916 unter dem Titel »on the laws of structure of the more disturbed zones of the earth's crust« zusammengefaßt.

67) Dana James. Results of the earth's contraction from cooling, including a discussion of the origin of mountains and the nature of the earth's interior. Americ. Journ. 1873. vol. 5 u. 6. — Manual of Geology. 2th—4th ed. 1872—1896.

68) Babbage. Proceed. geol. Soc. 12th March 1833. II. 1838. p. 72 und Quart. journal geol. Soc. 1847. Bd. III.

69) Herschel. Proceed. geol. Soc. 1838. II.

70) Le Conte Jos. American Journal of Sciences 1872. vol. IV. u. 1878. vol. XVI. — Theory of the origin of mountain ranges. Journal of Geology. vol. I. 1893.

71) Shaler N. S. On the Formation of Mountain chains. Proceed. Boston Society natural history. 1866 (abgedruckt in Geological Magazine 1868. V).

72) Mallet Rob. Volcanic Energy. Philos. Trans. Bd. 136. 1874.

73) Heim Alb. Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. 2 Bände mit Atlas. Basel 1878.

74) Pfaff Friedr. Die Mechanik der Gebirgsbildung. Heidelberg 1883.

75) Daubrée A. Comptes rendus 1878. LXXX und Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. 1880. S. 222.

76) Favre Alph. Expériences sur les effets de refoulements ou écrasements latéraux en Géologie. Arch. Scienc. phys. et nat. Genève 1878. LXII.

77) Schardt H. Bull. Soc. Vaudoise Sc. nat. 1884. XX. S. 143—146.

78) Cadell H. Experimental researches in Mountain Building. Trans. Roy. Soc. Edinburgh 1858. vol. XXXV. pt. 7.

79) Willis Bailey. The Mechanics of Appalachian Structure. 13th Ann. Rep. U. S. geol. Survey. 18.

80) Karsten's Archiv für Mineralogie 1836. Bd. IX. S. 1—216.

81) Köhler G. Die Störungen der Gänge, Flötze und Lager. Leipzig 1886.

82) King William. Transactions Royal Irish Academy. 1875. t. XXV.

83) Daubrée A. Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. 1880. S. 230 2c.

84) Reyer E. Theoretische Geologie. Stuttgart 1888.

[85]) Suess Ed. La face de la Terre (Antlitz der Erde) traduit sous la direction de Emmanuel de Margérie avec une préface par Marcel Bertrand. Tom I. 1897.

[86]) Read Mellard. The origin of Mountain ranges, considered experimentally, structurally, dynamically and in relation to their geological History. London 1886.

[87]) Dutton C. E. On some of the greater problems of physical Geology. Bull. Philos. Soc. Washington 1892. XI. p. 51.

[88]) Reyer E. Theoretische Geologie. Stuttgart 1888.

[89]) Rothpletz A. Geologische Beschreibung der Vilser Alpen. 1886. Palaeontographica. Bd. XXXIII. — Geotektonische Probleme. Stuttgart 1894. — Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen nebst Anhang über die sog. Glarner Doppelfalte. Stuttgart 1894.

4. Kapitel.

Topographische Geologie.

Die im Anfang dieses Jahrhunderts begonnene systematische Untersuchung der festen Erdkruste bildet die Grundlage für die heutige hohe Ausbildung der Formationslehre, der Tektonik, der Petrographie und der dynamischen Geologie. Auch die jetzige Gestalt der Erdoberfläche kann nur aus der Bodenbeschaffenheit und den Vorgängen erklärt werden, welche einst und jetzt auf dieselbe eingewirkt haben. Von dem Umfang und der Genauigkeit unserer Kenntniß der Erdkruste hängt im wesentlichen die Entwickelung der Geologie ab. In älterer Zeit handelte es sich meist nur darum, den geologischen Bau größerer oder kleinerer Gebiete in den Hauptzügen zu ermitteln, die Verbreitung der verschiedenen Gesteine und Formationen zu verfolgen und kartographisch darzustellen und die wichtigsten tektonischen Verhältnisse aufzuklären. Man beschränkte sich auf rohe Uebersichtskarten in kleinem Maßstab, auf denen Vieles theoretisch ergänzt und verallgemeinert wurde, und deren technische Ausführung auf ziemlich tiefer Stufe stand. Auch die meisten älteren geologischen Profile erwecken durch starke Ueberhöhung der verticalen Dimensionen falsche Vorstellungen von der Oberflächengestaltung und dem tektonischen Bau. Mit der Zeit verfeinerten sich sowohl die Methoden der Untersuchung im Feld, als auch jene der graphischen Darstellung, und es genügt ein Vergleich einer der roh ausgeführten geologischen Karten aus dem Anfang dieses Jahrhunderts mit einer modernen Specialkarte, um den gewaltigen Fortschritt in der Methodik und Technik auf diesem Gebiete zu beurtheilen.

An die bereits in der zweiten und dritten Periode ausgeführten Localuntersuchungen schließen sich von 1820 eine Menge von Arbeiten an, die sich nicht nur auf Europa, sondern auch über ansehnliche Gebiete der außereuropäischen Continente erstrecken, so daß nach A. v. Tillo's Berechnung im Jahre 1892 nur noch 27 % des gesammten Festlandes gänzlich unerforscht waren. Die ersten Versuche, ganz Europa nach seiner geologischen Beschaffenheit kartographisch darzustellen, wurden von Conybeare[1]) (1823) und Ami Boué[2]) (1827) gemacht. Boué unterscheidet mit vier Farben Ur- und Uebergangsgebirge, Secundärgebirge, Tertiärgebirge und feuerige Gebilde. Wesentlich vollständiger als diese ersten schüchternen Anfänge sind die geologischen Wandkarten von Europa von Rod. Murchison (1856) und A. Dumont (1857). Eine prachtvolle, im Jahre 1881 durch den internationalen Geologencongreß in Bologna veranlaßte geologische Karte von Europa im Maßstabe von 1:1 500 000 wurde unter Mitwirkung sämmtlicher geologischer Anstalten Europas von E. Beyrich, Hauchecorne und Beyschlag herausgegeben. Ende 1898 waren von dieser aus 49 Folioblättern bestehenden Karte 18, den größeren Teil des westlichen und nördlichen Europas darstellende Blätter erschienen. Im Jahre 1845 wagte es A. Boué[3]) auch eine geologische Karte der Erde zusammenzustellen, auf welcher freilich auch die damals fast unbekannten außereuropäischen Länder phantasievoll coloriert erscheinen. Diese Karte wurde in dem physikalischen Atlas von Johnston verwerthet, aber erst durch Jul. Marcou erhielt man 1862 eine große, sorgfältig ausgeführte geologische Weltkarte, welche alle damals bekannten Erfahrungen veranschaulicht. Eine zweite wesentlich verbesserte und mit erläuterndem Text versehene Auflage dieser Karte erschien 1875.

A. Deutschland.

Eine übersichtliche Darstellung der geologischen Verhältnisse von ganz Deutschland suchte 1826 Chr. Keferstein*) zu liefern.[4]) Mit Benützung alles vorhandenen und zugänglichen literarischen

*) Keferstein Christian K., geboren 1784 in Halle a. S., studierte in seiner Vaterstadt Jurisprudenz und erwarb sich während der französischen Herrschaft im Königreich Westfalen als Advocat ein nicht unbeträchtliches Vermögen; trat 1835 aus dem Staatsdienst aus, um sich ganz seiner Lieblingswissenschaft Mineralogie und Geognosie widmen zu können. Er bereiste Deutschland und

Materials stellte er die erste geognostische Uebersichtskarte von Deutschland her, welcher bald darauf eine Reihe speciellerer Karten von Tirol und Vorarlberg, der Schweiz, von Bayern, von Württemberg und Baden, von Hannover, Westfalen, Rheinland, Hessen, Nassau und Frankfurt, von Thüringen, Sachsen und von Schlesien folgten, die zusammen einen geognostischen Atlas von Deutschland bilden sollten. Die Karten sind von stark überhöhten Profilen und mehr oder weniger ausführlichen Erläuterungen begleitet, worin der Verfasser seine eigenen, auf vieljährigen Wanderungen gewonnenen Erfahrungen ausgiebig verwerthet. Obwohl die Keferstein'schen Karten und Erläuterungen viele werthvolle Beobachtungen enthalten, so war die Aufgabe, welche sich der Verfasser gestellt hatte, doch für einen einzelnen Mann zu groß und konnte in damaliger Zeit unmöglich in befriedigender Weise gelöst werden.

In ähnlicher Weise wie Keferstein arbeitete Ami Boué.*) Er war in Edinburg durch R. Jameson in die Geologie eingeführt worden, hatte während seiner Studienzeit Schottland mit großer Aus-

---

die Alpen nach allen Richtungen und veröffentlichte die Ergebnisse seiner Beobachtungen in einer von ihm gegründeten Zeitschrift „Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt", von der zwischen 1826 bis 1831 sieben Bände erschienen. Seine Naturgeschichte des Erdkörpers (1834) enthält sonderbare Theorien über Entstehung der Salzquellen, über das Leben und Athmen der Erde, über die Entstehung der Erdkruste aus organischem Material ꝛc. 1840 erschien seine werthvolle „Geschichte und Literatur der Geognosie", womit die Thätigkeit dieses emsigen Forschers auf geognostischem Gebiet ihren Abschluß fand. Seine letzten 26 Lebensjahre widmete er linguistisch-ethnographischen Studien und starb fast vergessen von seinen Fachgenossen als Privatmann im August 1866 in Halle.

*) Ami Boué, geboren am 16. März 1794 in Hamburg, gehörte einer reichen französischen Emigrantenfamilie an und erhielt seine Erziehung in seiner Vaterstadt und in Genf. Er studierte zwischen 1814 und 1817 in Edinburg Medicin, interessierte sich jedoch lebhaft für Geologie und Botanik, vollendete seine naturwissenschaftlichen Studien in Paris und wurde 1821 ein Mitbegründer der Société géologique de France. Die folgenden Jahre bereiste er Deutschland und Oesterreich, verheirathete sich 1826 in Wien und nahm von 1835 an in Vöslau seinen bleibenden Wohnsitz. Ausgedehnte Reisen in Südeuropa und namentlich auf der Balkanhalbinsel lieferten das Material zu seinem Werk über die Türkei (1840). Seine große Sprachkenntniß, seine persönlichen Beziehungen zu fast allen lebenden Geologen und Mineralogen und seine vielseitigen Kenntnisse machten A. Boué in hervorragendem Maße zum internationalen Vermittler wissenschaftlicher Forschungen geeignet. Er starb als Mitglied der Wiener Akademie in Vöslau am 21. November 1881.

dauer durchwandert und 1820 eine vortreffliche geognostische Beschreibung dieses Landes mit einer geognostisch colorierten Karte veröffentlicht. Zwischen 1817 und 1826 bereiste A. Boué die Auvergne, Südfrankreich, fast ganz Deutschland, Oesterreich, Ungarn und Italien und schrieb 1822 im Journal de Physique eine Abhandlung, in welcher er die geognostischen Verhältnisse Deutschlands mit denen von Schottland vergleicht. In einem selbständigen, durch C. C. von Leonhard ins Deutsche übersetzten Werk[5]) schildert Boué mit weitem Blick und unter stetem Vergleich mit anderen Gebieten die verschiedenen Formationen und deren Verbreitung in Deutschland. Es ist dies unstreitig das beste topographisch-geologische Gemälde Deutschlands aus älterer Zeit, das mit großer Sach- und Literaturkenntniß alle bis 1826 bekannten Thatsachen zusammenfaßt und namentlich über die Alpen und die verschiedenen Tertiärbecken wichtige neue Beobachtungen bringt.

Einen mächtigen Einfluß auf die geologische Localforschung in Deutschland übte eine durch Leop. v. Buch beaufsichtigte, aus 42 Blättern bestehende geologische Specialkarte von Deutschland aus, wovon die erste Lieferung 1846 anonym bei Simon Schropp in Berlin erschien. Mit seltener Umsicht und Sachkenntniß ist in dieser Karte das ganze, bis zu ihrem Erscheinen vorhandene thatsächliche Wissen über den geologischen Bau von Deutschland niedergelegt. Sie erlebte bis 1843 fünf verbesserte Auflagen und schließt gewissermaßen die ältere Periode der geognostischen Localforschung in Deutschland ab. H. v. Dechen benutzte sie zu seiner in technischer und wissenschaftlicher Hinsicht vorzüglichen geognostischen Uebersichtskarte von Deutschland, Frankreich und den angrenzenden Ländern (1838), die in mehreren Auflagen eine weite Verbreitung fand und später (1869) durch eine im Auftrag der deutschen geologischen Gesellschaft ausgeführte und mit kurzen Erläuterungen versehene geologische Karte von Deutschland ergänzt wurde.

Neuere Darstellungen der geologischen Verhältnisse Deutschlands rühren von Giebel[6]), B. v. Cotta[7]) und Bölter[8]) her. Eine (1884) von Bach veröffentlichte geognostische Karte von Centraleuropa ist wenig mehr als eine Auffrischung der älteren Dechen'schen Karte; dagegen gewährt die neue geologische Karte des deutschen Reichs in 27 Blättern und im Maßstab von 1:500000 von R. Lepsius (erschienen bei Justus Perthes in Gotha 1894—1897) einen vor-

trefflichen Ueberblick des jetzigen topographisch-geologischen Wissens in Deutschland. Zu dieser Karte gehört ein erläuternder Text, der den Titel Geologie von Deutschland trägt und wovon bis jetzt der erste Band über das westliche und südliche Deutschland erschienen ist (Stuttgart 1887—1892).

In Bezug auf geologisch-topographische Detailforschung nimmt **Sachsen** in Deutschland von Alters her die erste Stelle ein. Hier hatten die Freiberger Bergbehörden seit 1789 unter der Leitung Werner's und nach dessen Tod unter Kühn eine systematische geognostische Landesuntersuchung durch ältere Zöglinge der Bergakademie angeordnet und auf diese Weise bis zum Jahre 1830 einen Schatz von schriftlichen Arbeiten und Karten zusammengebracht, wie sie kein anderes Land Deutschlands aufzuweisen hatte. An die Veröffentlichung dieses Materials konnte man freilich erst denken, nachdem eine einheitliche topographische Karte vorhanden und die sehr ungleichwerthigen älteren Aufnahmen einer gründlichen Revision unterworfen worden waren. Mit dieser Aufgabe wurden C. F. Naumann*) und Bernh. v. Cotta**) betraut und die von diesen beiden Forschern zwischen 1836 und 1846 ausgeführte, aus 12 Sectionen bestehende geognostische Karte des Königreichs Sachsen im Maßstabe von 1:120000 konnte für die damalige Zeit wenigstens in Deutschland als unübertroffenes Muster gelten. Auch die Erläuterungen zu dieser Karte enthalten eine überaus sorgfältige Detailbeschreibung einzelner Gebiete. Eine 1845 von C. F. Naumann zusammengestellte Generalkarte von Sachsen im Maßstabe von 1 : 360000 mit 24 Farben bietet ein abschließendes

---

*) Naumann Carl Friedrich, geboren 1797 in Dresden, wurde nach Vollendung seiner bergmännischen und naturwissenschaftlichen Studien in Freiberg und Leipzig und nach einer im Jahre 1821 und 1822 ausgeführten mineralogischen Reise nach Norwegen zuerst Privatdocent in Jena (1823), dann in Leipzig (1824); folgte 1826 einem Ruf als Professor der Krystallographie an die Bergakademie in Freiberg und wurde 1835 auch Professor der Geognosie daselbst. 1842 kehrte er als Professor der Mineralogie und Geognosie nach Leipzig zurück, woselbst er am 26. November 1873 starb.

**) Bernhard v. Cotta, geboren am 24. October 1808 zu Zillbach bei Eisenach als Sohn des Forstmeisters Heinrich Cotta, studierte in Freiberg das Bergfach, in Heidelberg Naturwissenschaften, wurde 1839 als Lehrer an der Forstanstalt Tharand angestellt und 1842 als Nachfolger Naumann's zum Professor der Geologie an der Bergakademie in Freiberg ernannt. Er trat 1874 in Ruhestand und starb am 14. September 1879 in Freiberg.

Gesammtbild dieser langjährigen und mühevollen Untersuchungen. Neben diesen officiellen Aufnahmen fehlte es auch nicht an privaten Arbeiten über kleinere, bergmännisch oder geologisch wichtige Districte. So veröffentlichte Schippan (1823) eine geognostische bergmännische Karte der Gegend von Freiberg und 1826 eine solche der Gegend von Brönnesdorf. A. v. Gutbier verfaßte (1834) eine geognostische Beschreibung des Zwickauer Schwarzkohlengebirges mit Karte; C. v. Beust schrieb über die Porphyre und Erzgänge bei Freiberg, T. E. Gumprecht (1842) über Eruptivgesteine im Erzgebirg, bei Dresden und in der Lausitz. Große Verdienste um die Kenntniß der Sedimentärformationen und um die Paläontologie Sachsens erwarb sich H. B. Geinitz, der seit 1839 mit rastlosem Eifer an der geologischen Erforschung Sachsens arbeitet. Eine stattliche Reihe von Monographieen über die Kreideformation, den Zechstein, das Rothliegende, die Steinkohlen- und Grauwackenformation nebst den darin enthaltenen Versteinerungen sind Beweise der seltenen Arbeitskraft dieses fleißigen Forschers. Die krystallinischen Gesteine Sachsens sind in F. Zirkel's Lehrbuch der Petrographie (1866) und in dem Werk über die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine (1873) eingehend beschrieben. Eine Gesammtdarstellung des geologischen Baues von Sachsen findet sich in einem unter dem Titel Gaea von Sachsen 1843 erschienenen Sammelwerk, an welchem sich Cotta, Geinitz, v. Gutbier, Naumann u. A. betheiligten.

Im Jahre 1872 wurde unter der Leitung Herm. Credner's eine abermalige geologische Landesuntersuchung Sachsens begonnen, mit dem Zweck, Specialkarten im Maßstab von 1 : 25000 herzustellen. Diese große Aufgabe war im Jahre 1895 gelöst, und es ist nun eine aus 123 Sectionen bestehende geologische Karte Sachsens vorhanden, welche allen Anforderungen der Wissenschaft und des praktischen Lebens genügt und als Muster für die in den übrigen Theilen Deutschlands in Angriff genommenen Specialaufnahmen dienen kann. Bei der Wahl der Farben wurde auf die einige Jahre früher begonnenen Kartenpublicationen der preußisch-thüringischen geologischen Landesanstalt thunlichst Rücksicht genommen. Allen Kartenblättern sind geologische Randprofile zur Orientierung über die Tektonik und den geologischen Bau der dargestellten Gegend, sowie ausführliche textliche Erläuterungen beigefügt, welche theilweise den Charakter selbständiger Monographieen besitzen und über alle

wissenschaftlichen, technischen und hydrologischen Verhältnisse Aufschluß gewähren. Die Erzlagerstätten und Erzgänge sind von Oberbergrath H. Müller in die Karten eingetragen und einzelne bergmännisch besonders wichtige Gebiete in selbständigen Textheften geschildert. Den Steinkohlenrevieren sind ebenfalls Specialbeschreibungen und besondere kartographische Darstellungen mit Profilen gewidmet. Die erste derselben von H. Mietzsch erschien 1877 und bringt das Zwickauer Kohlenrevier im Maßstab von 1:10000 zur Anschauung; 1881 folgten zwei Tafeln mit Profilen durch das Steinkohlenrevier von Lugau-Oelsnitz von Th. Siegert; 1892 eine Beschreibung des Döhlener Steinkohlenbeckens durch R. Hausse. Werthvolle Beiträge zur Kenntniß der Steinkohlenablagerungen und deren Flora verdankt man auch J. Sterzel in Chemnitz. Eine Uebersichtskarte des sächsischen Granulitgebirges im Maßstabe von 1 : 100000 nebst einer Begleitschrift veröffentlichte 1884 Herm. Credner.

Bedenkt man, daß in Freiberg die wissenschaftliche Grundlage für die Lehre von der Entstehung, der Zusammensetzung, der Altersbestimmung und den Lagerungsverhältnissen der Erzgänge und Lagerstätten geschaffen wurde, und daß diese Studien in Sachsen in neuerer Zeit ganz besonders von B. v. Cotta und in erfolgreichster Weise von dessen Nachfolger A. Stelzner*) fortgesetzt wurden, so darf man wohl mit Recht das Königreich Sachsen als das in geologischer Hinsicht am genauesten erforschte Musterland Deutschlands bezeichnen.

In **Thüringen**, der Wiege der Formationslehre Deutschlands, suchten Chr. Keferstein, v. Hoff, Ch. Sartorius, v. Veltheim, Krug v. Nidda und namentlich Heinrich Credner**) die älteren grundlegenden Arbeiten aus dem vorigen und dem Anfang

*) Stelzner Alfred Wilhelm, geboren 1840 in Dresden als Sohn eines höheren Beamten, studierte in Freiberg das Bergfach, nahm im Sommer 1864 als Volontär an den Aufnahmen der k. k. geolog. Reichsanstalt in Niederösterreich theil, wurde 1866 Berginspector in Freiberg; folgte 1871 einem Ruf als Professor der Geologie und Mineralogie nach Cordoba in Argentinien, von wo er schon 1874 wieder als Professor der Geologie an die Bergakademie in Freiberg zurückkehrte; starb am 25. Februar 1895 in Wiesbaden.

**) Credner Heinrich, geboren 1809 zu Waltershausen bei Gotha, studierte in Freiberg und Göttingen das Bergfach, stand bis 1858 in gothaischen, von 1858 bis 1866 in hannöverschen Diensten und wurde 1868 Oberbergrath in Halle; starb daselbst 1876. Sein Sohn Hermann ist Professor der Geologie in Leipzig und Director der k. sächsischen geologischen Landesanstalt.

dieses Jahrhunderts zu ergänzen. H. Credner beschäftigte sich von 1839 an eine lange Reihe von Jahren mit der geognostischen Untersuchung Thüringens und veröffentlichte zum größten Theil im Jahrbuch für Mineralogie eine Anzahl Specialkarten über die Gegend von Gotha, Eisfeld, Eisenach und Ilmenau und im Jahre 1846 eine Uebersichtskarte der nordwestlichen Hälfte des Thüringer Waldes, welcher 1843 eine zusammenfassende Darstellung der geognostischen Verhältnisse Thüringens und des Harzes vorausgegangen war. Neben Credner war Bernh. v. Cotta namentlich im östlichen Theil von Thüringen thätig und gab 1847 eine aus vier Sectionen bestehende geognostische Karte von Thüringen heraus. Durch diese Arbeiten hatte die allgemeine Kenntniß und Verbreitung der dortigen Flötzformationen und der Massengesteine einen gewissen Abschluß erreicht. Der neueren Zeit war es vorbehalten, die theilweise verwickelte Tektonik durch Detailaufnahmen zu entwirren, die einzelnen Formationen feiner zu gliedern und ihre paläontologischen Ueberreste genauer zu studieren. An dieser Specialforschung betheiligten sich in erster Linie E. Schmid*) in Jena, H. B. Geinitz in Dresden und R. Richter in Saalfeld. E. Schmid widmete sich seit 1841 der Erforschung der Trias im Saalethal und den angrenzenden Gebieten; durch ihn wurde die exacte Gliederung dieser Formation bis ins Kleinste durchgeführt und die Versteinerungen der einzelnen Stufen theils von ihm selbst, theils von Dunker, H. v. Meyer, Giebel, H. Wagner u. A. beschrieben. Schon 1846 hatte Schmid mit M. J. Schleiden eine Schilderung der geognostischen Verhältnisse im Saalethal verfaßt, die 1859 durch eine geognostische Karte der Umgegend von Jena vervollständigt wurde. Die Quintessenz seiner Triasstudien ist in einem Aufsatz über den Muschelkalk des östlichen Thüringen niedergelegt.[9]) Von 1870 an leitete E. Schmid als Mitglied der preußischen und thüringischen geologischen Landesanstalt die geologische Mappierung im nordöstlichen Thüringen und betheiligte sich an der Herstellung von ca. 25 Blättern der Specialkarte. Mit der Trias bei Weimar und Eisenach beschäftigten sich neben E. Schmid auch v. Seebach und Bornemann sen., mit der Umgebung von Meiningen H. Emm-

*) Schmid Ernst Erhardt, geboren am 22. Mai 1815 in Hildburghausen, studierte in Jena und Wien; habilitierte sich 1840 als Privatdozent in Jena, wurde 1843 außerordentlicher und 1856 ordentlicher Professor der Mineralogie und Geologie daselbst; starb am 16. Februar 1885 in Jena.

rich*), mit dem Coburger Gebiet v. Schauroth, Berger und Strüver. H. B. Geinitz hatte 1841 im Jahrbuch für Mineralogie eine erste kleine Abhandlung über Versteinerungen aus dem Zechstein von Altenburg, Ronneburg und Gera veröffentlicht und seitdem die Untersuchung des Zechsteins und Rothliegenden in Thüringen nie aus dem Auge verloren. Die Ergebnisse seiner zwanzigjährigen Forschungen über diese Formationen wurden 1861 in seinem schönen Werk „Die Dyas" zusammengefaßt. Ueber die älteren paläozoischen Ablagerungen, welche früher unter der Bezeichnung Grauwacke und Thonschiefergebirge zusammengefaßt worden waren, verdankt man R. Richter**) die ersten eingehenderen Untersuchungen. Mit zähem Fleiß sammelte Richter die spärlichen organischen Ueberreste der Umgebung von Saalfeld und bestimmte nach ihnen die verschiedenen Formationen. Seine Ansichten über das relative Alter mehrerer Glieder sind angefochten worden und haben sich später als irrig erwiesen, allein das Verdienst zuerst über dieses schwierige Gebiet Licht verbreitet zu haben, wird Richter jederzeit zugestanden werden müssen. Eine namhafte Zahl kleinerer Abhandlungen aus seiner Feder sind in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft zwischen 1854 und 1856 veröffentlicht. Zu seinen wichtigeren Arbeiten gehören außerdem die Beiträge zur Paläontologie Thüringens (Dresden 1848 und Wien 1875), seine Arbeiten über Graptolithen[10]) und Pflanzenreste aus dem Thonschiefer und seine Erläuterungen zu einer geognostischen Uebersichtskarte des ostthüringischen Grauwackengebietes (1851 und 1869).

Im Jahre 1873 übernahm die k. preußische geologische Landesanstalt die Specialuntersuchung der thüringischen Länder. An diesen, dem Abschluß nahen Aufnahmen betheiligten sich vornehmlich E. Schmid, v. Fritsch, Bornemann, Beyschlag, E. Weiß, Liebe, Zimmermann, Loretz, Bücking, Pröscholdt. Hervorragende Verdienste um die Gliederung und richtige Deutung der ostthüringischen paläozoischen Ablagerungen und um die verwickelte

---

*) Emmrich Hermann Friedrich, geboren 1815 in Meiningen, war Professor an der Realschule in Meiningen; starb 1879.

**) Richter Reinhard, geboren am 28. October 1813 zu Reinhardsbrunn als Sohn eines Geistlichen, studierte in Jena Theologie, wurde 1837 Lehrer und später Director an der Realschule in Saalfeld; zog nach seiner Pensionierung nach Jena und starb daselbst im October 1884.

Tektonik desselben Gebietes hat sich namentlich K. Th. Liebe*) erworben. Eine Höhenschichtenkarte und eine geologische Uebersichtskarte des Thüringer Waldes wurde 1897 von F. Beyschlag mit Benützung der vollendeten Blätter der Specialkarte zusammengestellt.

Das Hügelland nördlich vom Thüringer Wald in der Provinz Sachsen hatte bereits im Anfang dieses Jahrhunderts in Freiesleben einen ausgezeichneten Monographen gefunden, auf dessen Schultern alle seine Nachfolger stehen. Namentlich das Rothliegende, der Kupferschiefer und Zechstein im Mansfeldischen waren von diesem feinen Beobachter trefflich geschildert worden. Werner v. Veltheim (1820) und Ch. Keferstein gaben über die geologischen Verhältnisse der Umgegend von Halle mancherlei Aufschluß, allein erst die Untersuchungen von Fr. Hoffmann**) und Hausmann verbreiten über das gesammte nordwestliche Deutschland helles Licht. Die erste Publication[11]) des in der Jugendblüthe dahingesunkenen, viel versprechenden Hoffmann vom Jahre 1822 enthält eine geognostische Beschreibung der Gegend von Magdeburg und Halberstadt. Der Verfasser steht in dieser Arbeit, was Classification und Gliederung der Formationen betrifft, noch auf dem Werner'schen Standpunkt. Er unterscheidet

*) Liebe Karl Theodor, geboren 1828 zu Moderwitz (Sachsen-Weimar), studierte in Jena Theologie und Naturwissenschaften, wurde Lehrer am Schleiden-schen Realgymnasium in Hamburg, nach drei Jahren (1855) Lehrer an der Realschule in Gera und 1861 Professor der Mathematik und Naturwissenschaften am Gymnasium daselbst; starb 1894.

**) Friedrich Hoffmann, geboren am 6. Juni 1797 auf der Pinnau bei Welau in Ostpreußen als Sohn eines preußischen Beamten, besuchte das Gymnasium in Königsberg und Berlin, machte als 16jähriger Jüngling 1813 den Befreiungskrieg mit; studierte in Göttingen und Berlin und wurde von Hausmann und Weiß in das Studium der Geologie und Mineralogie eingeführt. Durch seine im Jahre 1820 begonnenen Untersuchungen der geologischen Verhältnisse des Harzes und der angrenzenden norddeutschen Ebene zog er die Aufmerksamkeit Leop. v. Buch's auf sich, auf dessen Veranlassung er sich in Halle habilitierte, woselbst er bald auch zum außerordentlichen Professor befördert wurde. October 1829 trat er mit Unterstützung der preußischen Regierung seine 3½jährige Reise nach Italien an. In Unteritalien und Sicilien war er von A. Escher v. d. Linth und R. Philippi begleitet. 1831 war er Zeuge der Entstehung der vulkanischen Insel Ferdinandea oder Julia zwischen Pantellaria und Sicilien, besuchte darauf die Liparischen Inseln und kehrte 1832 nach Berlin zurück. Hier hielt er als außerordentlicher Professor Vorlesungen über physikalische Geographie, über Vulkane und Erdbeben, die nach seinem Tode von H. v. Dechen herausgegeben wurden; er starb 1836 in Berlin.

nur zwei Formationsgruppen, die des Thonschiefers und die des Kalksteins. Die erstere umfaßt alle Schieferarten vom Urthonschiefer durch die Grauwacke bis zum Schieferthon des Rothliegenden und der jüngeren Sandsteine. Die Gruppe des Kalksteins vereinigt die Kalksteinbildungen aller Epochen bis herauf zur Kreide. Während Fr. Hoffmann in der Provinz Sachsen thätig war, veröffentlichte 1824 L. Hausmann*) ein Werk[12]), das über die jüngeren Flözgebilde im Flußgebiet der Weser werthvolle Aufschlüsse gewährte und sich namentlich durch ungemein exakte Beschreibung der Gesteinsbeschaffenheit der einzelnen Glieder auszeichnet. Der Abschnitt über die Formation des bunten Sandsteins läßt kaum etwas zu wünschen übrig; auch der Muschelkalk ist vortrefflich geschildert und richtig mit den entsprechenden Bildungen Süddeutschlands verglichen. Die dritte Formation des Thons und Mergels enthält die jetzt als Keuper, Lias und Dogger bezeichneten Gebilde, mit denen irrthümlich aber auch Glieder der Wälderstufe, sowie als oberste Lager der Quadersandstein vereinigt werden. Ueber die Beziehungen des Quadersandsteins zu der Kreideformation und den älteren Bildungen besaß der Verfasser noch keine klare Vorstellung. Ueberhaupt enthalten die Abschnitte über die zwei jüngeren Formationen mancherlei Irrthümer, namentlich soweit es sich um den Vergleich mit gleichaltrigen Bildungen anderer Gebiete handelt.

In einem zweiten umfassenderen Werk[13]) behandelt Fr. Hoffmann das ganze Hügelland zwischen dem Harz und Thüringer Wald, das obere Leinethal, den nördlichen Theil von Kurhessen, das untere Wesergebiet mit dem Teutoburger Wald und den nördlichen und nordwestlichen Harzrand. Hoffmann legt auf den Zusammenhang des geologischen Baues des Bodens mit dessen Oberflächengestaltung das größte Gewicht und bietet darum im ersten umfangreichen Theil seines Werkes eine ausführliche topographisch-orographische Beschreibung des ganzen Gebietes. Die geognostischen Verhältnisse sind im zweiten

*) Hausmann J. F. Ludw., geboren 1782 in Hannover, studierte in Göttingen Jurisprudenz, Mineralogie, Chemie und Technologie, wurde 1803 Bergamtsauditor in Clausthal, unternahm zwischen 1806 und 1808 eine zweijährige Reise nach Skandinavien; wurde 1809 Generalinspector des k. westfäl. Montanwesens und 1811 Professor der Technologie, Bergwissenschaft und Mineralogie an der Universität Göttingen, woselbst er bis zu seinem Tode (1859) verblieb.

Theil ebenso eingehend geschildert. Ein Vergleich der Sedimentgesteine Norddeutschlands mit denen Englands und eine scharfe chronologische und stratigraphische Gliederung der einzelnen Formationen verleiht diesem Abschnitt besondere Bedeutung. Er bildet die Grundlage für die Formationslehre im nordwestlichen Deutschland. Der dritte Theil enthält eine specielle Beschreibung der älteren Flötzgebirge (Rothliegendes und Steinkohlenformation) nebst den darin auftretenden krystallinischen Porphyrgesteinen. Auf einer geognostischen Specialkarte des nordwestlichen Deutschlands in 24 Blättern (Berlin 1830) und einer Uebersichtskarte desselben Gebietes mit drei Tafeln Profilen (Stuttgart 1830) sind die wichtigen Ergebnisse der achtjährigen Forschungen Hoffmann's anschaulich dargestellt.

Hatte Fr. Hoffmann die verschiedenen Formationen im nordwestlichen Deutschland im Wesentlichen richtig erkannt, gegliedert und mit den entsprechenden Ablagerungen in Großbritannien verglichen, so fehlte seinem Gebäude doch die sichere paläontologische Begründung. Diese schufen Fr. Koch und W. Dunker*) durch ihre Beiträge zur Kenntniß des norddeutschen Oolithgebildes (1837), W. Dunker durch seine schöne Monographie der norddeutschen Wealdenbildung (1846) und in vorderster Linie F. A. Roemer**) durch seine beiden grundlegenden Monographieen über die Versteinerungen des norddeutschen Oolithgebirges (1836 und 1839) und des norddeutschen Kreidegebirges (1841), welche nicht nur die Beschreibung aller damals bekannten Versteinerungen, sondern auch wichtige Bemerkungen über Verbreitung und Gliederung der beiden Formationen in Norddeutschland enthalten. Auf einer geognostischen Karte der Gegend von Hannover (1852—1858) wird das in den zwei Werken geschilderte Bild ver-

---

*) Dunker Wilhelm, geboren 1809 zu Eschwege, widmete sich dem Bergfach, studierte darauf in Göttingen, wurde 1837 Lehrer an der polytechnischen Schule in Cassel, 1854 Professor der Mineralogie und Geologie in Marburg; starb 1885. — Dunker war ein ausgezeichneter Conchyliolog; er gründete mit H. v. Meyer 1846 die Palaeontographica.

**) Roemer Friedrich Adolph, geboren 1809 in Hildesheim, studierte in Göttingen und Berlin Jurisprudenz, beschäftigte sich aber als Justizbeamter in seinen Mußestunden mit Geologie und veröffentlichte zwischen 1836 und 1843 als Autodidakt seine wichtigen Werke über die Versteinerungen der norddeutschen Kreide, des Jura und des Harzgebirges. 1844 kam er als Bergamtsassessor nach Clausthal und wurde 1861 Vorstand der dortigen Bergakademie; starb daselbst am 25. November 1869.

anschaulicht. Eine wichtige Ergänzung der Fr. Hoffmann'schen und Roemer'schen Arbeiten lieferte A. v. Strombeck durch eine äußerst sorgfältige Beschreibung des Muschelkalks in Braunschweig und dessen Fauna.[14]) Zahlreiche Abhandlungen desselben Autors in den Jahren 1850 bis 1864 beschäftigen sich mit dem Vorkommen, der Verbreitung, Gliederung und Fauna der Kreide- und Juraformation in Braunschweig und dem nordwestlichen Deutschland. Eine geognostische Karte von **Braunschweig** im Maßstabe von 1 : 100000 faßt (1856) die Untersuchungen dieses äußerst gewissenhaften Beobachters übersichtlich zusammen.

Während F. A. Roemer in **Hannover,** v. Strombeck in Braunschweig thätig waren, untersuchte E. Beyrich die Gegend von Halberstadt, Blankenburg und Quedlinburg und beschäftigte sich vorzugsweise mit den dortigen Kreidebildungen, die er in sorgfältigster Weise gliederte und mit den schlesischen, sächsischen und bayerischen bei Regensburg verglich. Neben Beyrich arbeitete am nordöstlichen Harzrand Jul. Ewald*) an der Herstellung einer geognostischen Karte der Gegend zwischen Magdeburg und dem Harz im Maßstab von 1 : 100000, die 1864 in vier Blättern erschien und als Muster von Genauigkeit und feiner Beobachtung allgemeine Anerkennung fand. Zwei in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft veröffentlichte Abhandlungen von Ferd. Roemer**) über die Kreidebildungen Westfalens (1854) und die jurassische Weserkette (1858), verschiedene Arbeiten von Heinr. Credner über die Gliederung der

*) Ewald Julius, geboren 1811 in Berlin, studierte in Bonn und Berlin, machte 1838 mit E. Beyrich eine Reise nach Südfrankreich, war Mitbegründer der deutschen Geologischen Gesellschaft, wurde 1853 Mitglied der Berliner Akademie; starb am 11. December 1891.

**) Roemer Ferdinand, geboren am 5. Januar 1818 in Hildesheim, jüngerer Bruder von Friedrich Adolph R. und von Hermann Roemer, dem Stifter des Hildesheimer städtischen Museums, studierte zwischen 1836 und 1839 in Göttingen und Heidelberg Jurisprudenz, wandte sich aber dann den Naturwissenschaften zu und erwarb 1840 in Berlin die philosophische Doctorwürde Im Auftrage der obersten Bergbehörde untersuchte er in den folgenden Jahren das Rheinische Schiefergebirge und trat 1845 eine dreijährige Reise nach Nordamerika an, wo er besonders in Texas und Tennessee eingehende geologische Studien machte. 1848 habilitierte sich F. Roemer in Bonn, wurde 1855 als Professor der Mineralogie und Geologie nach Breslau berufen, wo er bis zu seinem Tode am 14. December 1891 wirkte.

oberen Juraformation und der Wealdenbildung im nordwestlichen Deutschland (1863), von U. Schloenbach über den Lias in Hannover und Braunschweig (1863), sowie eine von einer Uebersichtskarte begleitete ausführliche Monographie des hannöverschen Jura von K. v. Seebach*) (1864) vervollständigten die Kenntniß des geologischen Baues von Nordwestdeutschland.

Im Jahre 1862 verfügte das preußische Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten die Herstellung geologischer Karten in den Provinzen Rheinland, Westfalen, Schlesien und Sachsen. Nach Vereinbarung mit den Regierungen von Sachsen-Weimar, Meiningen, Coburg-Gotha und Altenburg wurde auch Thüringen in den Aufnahmsplan hereingezogen. Damit beginnt in Norddeutschland die Thätigkeit der staatlichen geologischen Anstalten, welche in kurzer Zeit die bisherigen, aus der Initiative einzelner Forscher hervorgegangenen geologischen Aufnahmsarbeiten fast vollständig verdrängten. Anfänglich war nur die Herausgabe von Uebersichtskarten im Maßstab von 1 : 100000 oder 1 : 80000 beabsichtigt und zwar sollte zunächst im Anschluß an die fast vollendete Ewald'sche Karte eine Uebersichtskarte der Provinz Sachsen und des angrenzenden Thüringen hergestellt werden. Mit der Ausführung dieser Aufgabe wurden E. Beyrich und E. Schmid beauftragt. Beyrich begann seine Untersuchungen 1863 mit H. Eck in der Gegend von Ilefeld und Nordhausen, und setzte sie in den folgenden Jahren unter Beihilfe von G. Berendt, Kunth, Laspeyres u. A. am Südrand des Harzes fort; die Aufnahmen in Thüringen leitete E. Schmid. Als kartographische Unterlage wurden auf Beyrich's Veranlassung überall die Meßtischblätter im Maßstabe von 1 : 25000 verwendet, aber erst im Jahre 1866 entschied man sich auch zur Veröffentlichung dieser Blätter, welche viel genauere Einzeichnungen gestatten und den Interessen der Praxis in weit höherem Grade Rechnung tragen als die bisherigen Uebersichtskarten. Nach dem im Jahre 1867 durch eine Anzahl norddeutscher Geologen festgestellten Arbeitsplan sollten sich die begonnenen Aufnahmen nicht auf die Provinz Sachsen beschränken,

*) Seebach Karl v., geboren 13. August 1839 in Weimar, studierte in Breslau, Göttingen und Berlin, wurde schon 1862 außerordentlicher und 1870 ordentlicher Professor der Geologie und Paläontologie in Göttingen; bereiste 1864 Centralamerika und beobachtete 1866 die Eruption von Santorin; starb am 21. Januar 1878.

sondern die ganze preußische Monarchie und Thüringen umfassen. Die Profile sollten in richtigem Verhältniß der Länge und Höhe gezeichnet und jeder Section eine kurze Erläuterung beigegeben werden. Zur Durchführung dieser Grundsätze, zur Erzielung einer einheitlichen Leitung und einer festen Organisation des großartigen Unternehmens wurde 1873 die k. preußische geologische Landesanstalt ins Leben gerufen und mit der Bergakademie in Berlin vereinigt. Als Directoren der Anstalt wurden Hauchecorne und Beyrich ernannt und ihnen ein ansehnlicher Stab von Landesgeologen, Assistenten und freiwilligen Mitarbeitern unterstellt. Die zur Specialkarte von Preußen und Thüringen gehörigen Abhandlungen erschienen seit 1872; vom Jahre 1880 an veröffentlicht die geologische Anstalt neben den Abhandlungen noch ein Jahrbuch, das über die Fortschritte der geologischen Specialuntersuchung und Vorgänge in der Anstalt fortlaufende Berichte erstattet.

Im nordwestlichen Deutschland und zwar am Nordostrand des Harzgebirges betheiligten sich W. Dames, v. Branco, Kloos und Ebert, am Westrand und in der Gegend von Göttingen v. Koenen an den officiellen geologischen Aufnahmen. Unter den von der geologischen Landesanstalt veröffentlichten Abhandlungen beziehen sich auf das nordwestdeutsche Hügelland eine Darstellung des Steinkohlengebirges und Rothliegenden nördlich von Halle mit Uebersichtskarte und Profilen von H. Laspeyres (Bd. I, 1872), eine Beschreibung der geologischen Verhältnisse der Stadt Hildesheim nebst Karte von Herm. Roemer (Bd. V, 1883) und eine Monographie der geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Dörnten nördlich von Goslar von A. Denkmann (Bd. VIII, 1887). Von sonstigen neueren Publicationen über das genannte Gebiet wären besonders hervorzuheben eine in drei Abtheilungen erschienene Monographie des mittleren (1869), unteren (1871) und oberen Jura (1874) im nordwestlichen Deutschland von D. Brauns, sowie zahlreiche werthvolle Abhandlungen von C. Struckmann über die oberjurassischen und Wealdenbildungen von Hannover.

Aus dem nordwestlichen Hügelland ragt als Ueberrest eines einstigen ausgedehnten uralten Festlandes das **Harzgebirge** hervor, das wegen seines Reichthums an Mineralschätzen und wegen seines verwickelten geologischen Baues frühzeitig das Interesse der Mineralogen und Geologen auf sich zog. Schon im vorigen Jahrhundert hatten

v. Trebra und Lasius für die damalige Zeit hervorragende geognostische Schilderungen geliefert und C. F. Freiesleben (1795) die bergmännisch-mineralogischen Verhältnisse in vortrefflicher Weise dargestellt. L. Hausmann konnte in seiner Oryctographie des Harzes (1805) diesen gründlichen Vorarbeiten nur wenig Neues beifügen und auch die Karte von Julius und Berghaus, J. C. Zinken's Beschreibung und geognostische Karte des östlichen Harzes (1825), Ch. Keferstein's geognostisch-geographische Beschreibung dieses Gebirges im sechsten Band seiner Zeitschrift „Teutschland" und Ch. Zimmermann's Harzgebirg in besonderer Beziehung auf Natur- und Gewerbekunde nebst petrographischer Karte sind im Wesentlichen compilatorische Arbeiten. Wichtiger ist eine Abhandlung »de montium Hercyniae formatione« von L. Hausmann[16]), worin der Göttinger Mineraloge die Ergebnisse seiner langjährigen Studien über den Harz zu einem Gesammtbild vereinigt. Hausmann macht auf das eigenthümliche nordöstliche oder ostnordöstliche Streichen der eigentlichen Kerngesteine des Harzes gegenüber der Hauptrichtung des Gebirges aufmerksam. Der letzteren folgen dagegen die Flötzgesteine, welche den Harz ringsum begrenzen, ohne jedoch in dessen Inneres einzudringen. Am ganzen südlichen und westlichen Rand lagern sich die Flötzformationen, sanft vom Gebirge abfallend, an die Grauwacke-Formation an, am Nord- und Nordostrand sind sie steil aufgerichtet oder überstürzt. Hausmann glaubt, daß die inneren Harzgesteine stückweise als größere und kleinere Fragmente gehoben worden seien und zwar schreibt er die Zerstückelung der schieferigen Schichtenmasse dem Empordringen von pyroxenhaltigen Eruptivgesteinen (Diabas, Gabbro, Hypersthenfels, Euphotid) zu, die in erstaunlicher Menge im mittleren und östlichen Harz verbreitet und nicht selten lagerartig als Intrusivmassen zwischen den Thonschiefern eingeschlossen erscheinen, aber ebenso häufig die letzteren auch gangartig durchsetzen. Die Thatsache, daß auch im Thüringer Wald die Schiefer- und Grauwackengesteine paralleles Streichen mit denen des Harzes, jedoch im Allgemeinen entgegengesetztes Fallen aufweisen, führte Hausmann zu der Vermuthung, daß beide Gebirge die Ränder einer gemeinsamen ursprünglichen Mulde darstellen. Nach Hausmann bestand die Grauwacken- und Thonschieferformation ursprünglich aus zwei Hauptlagern, zwischen denen sich im westlichen Harz eine unregelmäßig begrenzte Sandsteinmasse, bei Elbingerode und Grund Kalkstein einschieben.

Die unteren Schiefer- und Grauwacken enthalten nur marine, die oberen auch pflanzliche Ueberreste. Sehr eingehend sind Einwirkungen der Eruptivgesteine auf die Schiefer und Grauwacken und die dabei entstandenen Mineralien in den Contactzonen geschildert. Aus der ganzen Tektonik und der Verbreitung der Pyroxengesteine folgert Hausmann, daß die inneren Harzgesteine vor der Entstehung der ringsum verbreiteten Flötzgesteine aufgerichtet wurden, und daß die Schichtenstörungen in den letzteren ganz unabhängig von dem Empordringen der Pyroxengesteine seien. Der Granit des Brockens ist offenbar jünger als die Grauwacken und Schiefer und auch jünger als die Pyroxengesteine; er hat nur geringen Einfluß auf die Schichtenstellung, aber um so intensivere Contactwirkungen ausgeübt und häufig Grauwacke in Hornfels, Thonschiefer und Kieselschiefer umgewandelt. Fast ebenso passiv wie der Granit, verhält sich der etwas jüngere Quarzporphyr, dagegen hält es Hausmann für möglich, daß die steile Aufrichtung der jüngeren Flötzgesteine am Nordrand des Harzes dem Empordringen von Melaphyr zugeschrieben werden darf.

Die interessante genetische Studie von Hausmann, in welcher bereits auf die Zusammengehörigkeit des thüringischen, Harzer und rheinischen Schiefergebirges hingewiesen ist, hat auf die spätere Literatur über den Harz einen wesentlichen Einfluß ausgeübt, obwohl sie bezüglich der Gliederung und Altersbestimmung der Grauwacken und Thonschiefer nebst den eingelagerten Kalk- und Sandsteinen wenig Anhaltspunkte gewährte. Erst durch F. A. Roemer's beharrliche Untersuchung der paläozoischen Versteinerungen im Harz zwischen 1843 und 1866, durch eine Monographie von Giebel (1858) über die Versteinerungen vom Mägdesprung, sowie durch W. Trenkner's Beiträge zur Paläontologie des Harzes wurde eine Grundlage für die richtige Deutung und Gliederung der dortigen devonischen, carbonischen und silurischen Bildungen gewonnen. Die Karten des Harzgebirges von C. Prediger, für welche F. A. Roemer die geognostische Colorierung übernommen hatte, gewähren in ihren verschiedenen Auflagen einen Ueberblick der mehrfach schwankenden Ansichten F. A. Roemer's. A. v. Groddeck's Abriß der Geognosie des Harzes (1871), wovon 1883 eine zweite Auflage erschien, verhält sich im Wesentlichen referierend. Der Verfasser gibt in gedrängter Kürze ein Bild von dem geologischen Bau des Harzes und eine Zusammenstellung der Literatur, die 1893 von Klockmann bei Gelegenheit der

Geologenversammlung in Clausthal ergänzt wurde. Mit dem Jahre 1866 beginnt die von der preußischen geologischen Landesanstalt durchgeführte Detailuntersuchung und Kartierung des ganzen Harzgebirges. An dieser Arbeit betheiligten sich E. Beyrich, K. Lossen, Em. Kayser, A. Halfar, v. Groddeck und in den letzten Jahren M. Koch, L. Beushausen und A. Denckmann. Der Löwenantheil fiel Lossen*) zu, welcher von 1866 bis 1892 fast ohne Unterbrechung jedes Jahr mehrere Monate im Harz kartierte und schon 1877 theils mit Benützung älterer Karten, theils der eigenen Aufnahmen eine prächtige geologische Uebersichtskarte des Harzes im Maßstab von 1 : 100000 zusammenzustellen im Stande war. In zahlreichen Abhandlungen und Berichten hat Lossen seine Anschauungen über die Tektonik, die Verbreitung und Ausbildung der verschiedenen Gesteine und Formationen im Harz begründet. Mit großer Sachkenntniß hat er namentlich die petrographischen Verhältnisse geschildert und sich als einer der Ersten mit großer Entschiedenheit für die Bedeutung der Dynamometamorphose ausgesprochen. Seine feinen Beobachtungen über Contactwirkungen und Druckerscheinungen und deren Einfluß auf die Struktur der Gesteine haben einen bedeutenden Wiederhall gefunden und die modernen Anschauungen über Gesteinsmetamorphose erheblich beeinflußt. Minder glücklich war Lossen in der Gliederung der paläozoischen Bildungen des Innerharzes, welche er unter Zustimmung und Beihilfe von Beyrich und Kayser insgesammt für devonisch erklärte. Gegenüber den F. A. Roemer'schen Ergebnissen war dies ein entschiedener Rückschritt, denn dieser hatte im Harz neben einem reich gegliederten Devon mit Sicherheit auch Culmgrauwacke und silurische Bildungen (Graptolithenschiefer) nachgewiesen.

Die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen von M. Koch (1898), denen die wichtigen Funde von A. Denckmann im benachbarten Kellerwald ergänzend zur Seite stehen, stimmen in wesentlichen Punkten mit der älteren Auffassung von F. A. Roemer überein und bestätigen die nahen Beziehungen des Paläozoicum im Harz, Thüringen und im rheinischen Schiefergebirge.

*) Lossen Karl August, geboren am 5. Januar 1841 zu Kreuznach, widmete sich dem Bergfache, brachte seine praktischen Vorbereitungsjahre in Müsen und Saarbrücken zu, studierte in Berlin und Halle, wurde 1866 Hilfsgeologe, 1873 Landesgeologe in Berlin, starb am 24. Februar 1893.

Ein relativ wohlbekanntes geologisches Gebiet ist auch **Schlesien.** Ueber die Gegend von Landeck hatte Leop. v. Buch schon 1797 seine erste größere geologische Abhandlung veröffentlicht, die später (1819) durch C. v. Raumer ergänzt wurde. C. v. Oeynhausen verdankt man (1822) eine erstmalige ausführlichere Darstellung der geognostischen Verhältnisse von Oberschlesien und den angrenzenden Theilen von Polen, Galizien und Oesterreichisch-Schlesien.[16]) Dieselbe ist wegen der Zuverlässigkeit der Beobachtungen noch heute werthvoll, wenn sich auch die Ansichten über das Alter und die Gliederung der darin beschriebenen Formationen seitdem beträchtlich geändert haben. Nach v. Oeynhausen widmete sich R. v. Carnall*) eine Reihe von Jahren der geognostischen Untersuchung Schlesiens und gab 1831 in Karsten's Archiv mit Zobel eine ausführliche geognostische Beschreibung der niederschlesischen Gebirge mit Karten und Profilen heraus, welcher 1844 eine geognostische Karte von Oberschlesien folgte. Gegenüber den älteren Publicationen bedeuten die Carnall'schen Arbeiten einen namhaften Fortschritt, wenn auch die präcise Unterscheidung der einzelnen Formationen noch Manches zu wünschen übrig ließ. Wichtige Beobachtungen über Schlesien enthält das treffliche Werk von G. Pusch[17]) über die Geologie und Paläontologie von Polen. Für die Unterscheidung der am Nordabhang der Sudeten auftretenden Ablagerungen der permischen und Triasformation wurde eine 1838 in Karsten's Archiv veröffentlichte Abhandlung von H. v. Dechen maßgebend. In den Jahren 1842 und 1843 bereiste E. Beyrich Schlesien und untersuchte besonders die Trias-, Jura-, Kreide- und Tertiärbildungen sowohl im eigentlichen Schlesien als auch in den angrenzenden Theilen von Oesterreich, namentlich in der Tatra.[18]) Seine Gliederung der betreffenden Formationen zeichnet sich durch solche Schärfe aus, daß sie nicht nur für Schlesien, sondern auch für die Nachbarländer als Muster diente. E. Beyrich betheiligte sich mit G. Rose, J. Roth und Runge zwischen 1862 und 1869 an den im Auftrag des preußischen Handelsministeriums ausgeführten geologischen Aufnahmen von Niederschlesien als deren Ergebniß 1867 eine Karte im Maßstab von 1 : 100000 nebst erläuterndem Text von Justus Roth erschien.

---

*) Carnall Rudolph v., geboren 1804 in Glatz, studierte in Berlin das Bergfach, wurde Bergbeamter in Tarnowitz, 1845 Oberbergrat in Bonn, 1854 Geh. Oberbergrath in Berlin und 1855 Berghauptmann in Breslau; starb 1874 in Breslau.

Einen wesentlich einheitlicheren Charakter trägt die von Ferdinand Roemer geleitete und zwischen 1862 und 1869 unter Mitwirkung von O. Degenhard, H. Eck und H. Halfar durchgeführte geologische Untersuchung von Oberschlesien. Der im Jahre 1870 veröffentlichten Karte im Maßstab von 1 : 100000 ist eine von F. Roemer verfaßte geologische Beschreibung mit 50 Tafeln Abbildungen von Versteinerungen und eine Mappe mit Specialkarten und Profilen beigegeben. Das ganze für Oberschlesien grundlegende Werk zeichnet sich durch scharfe Bestimmung der Formationen, klare Disposition und sorgsame Berücksichtigung der nutzbaren Mineralschätze aus. Bei der Beschreibung jedes Formationsgliedes sind die demselben angehörigen Erzlagerstätten, besonderen Mineralvorkommnisse und Eruptivgesteine angeführt. Der paläontologische Atlas enthält die für die einzelnen Formationen charakteristischen Leitfossilien. In einem besonderen Anhang wird von Runge die oberschlesische Mineralindustrie, namentlich der Kohlenbergbau und die Zinkproduction eingehend geschildert.

Durch das Erscheinen der beiden großen Kartenwerke über Nieder- und Oberschlesien gehört diese Provinz zu den verhältnißmäßig genau erforschten Theilen Deutschlands. Eine Reihe meist speciellerer Darstellungen einzelner Formationsglieder oder kleinerer Distrikte, wie die Untersuchungen von Kalkowsky über die Gneißformation im Eulengebirge (1878), von Liebisch über die Granitporphyre Niederschlesiens (1877), von W. Dames (1868) und E. Tietze (1870) über die Devonschichten bei Freiburg und Ebersdorf, von E. Weiß über die Flora (1879), von Schütze über Lagerungsverhältnisse und Zusammensetzung der niederschlesischen Steinkohlenbildungen (1882), von H. Eck über Buntsandstein und Muschelkalk in Oberschlesien (1865), von Kunisch und Gürich über Triasversteinerungen, von Drescher, Kunth, Williger (1881) und Leonhard über die Gliederung und Paläontologie der schlesischen Kreide haben das durch die beiden grundlegenden Werke geschaffene Bild in einzelnen Theilen ergänzt oder berichtigt, aber keine durchgreifenden Veränderungen in demselben verursacht. In einem als Erläuterung zu einer geologischen Uebersichtskarte von Schlesien im Maßstab von 1 : 400000 abgefaßten Text gibt G. Gürich (1890) eine übersichtliche Darstellung der Geologie von Schlesien nebst einem vollständigen Verzeichniß der zwischen 1866 und 1890 erschienenen geologischen Literatur. Seit 1882 hat die k. preußische geologische Landesanstalt ihre Special-

untersuchungen durch Dathe, Schütze und Stapff auch in der Provinz Schlesien begonnen.

Gegenüber dem norddeutschen Gebirgs- und Hügelland blieb die Untersuchung des ausgedehnten **Flachlandes** bedeutend im Rückstand. Verhältnißmäßig wenig Arbeiten beschäftigen sich mit ihr, so daß Ch. Keferstein's topographisch-geognostische Beschreibung der norddeutschen Ebene im fünften Band seiner Zeitschrift (1827) wohl die erste zusammenfassende Darstellung dieses Gebietes bieten dürfte. Ueber den nordwestlichen Theil der Provinz Sachsen hatten Fr. Hoffmann, über Pommern v. Oeynhausen (1827), über Mecklenburg G. A. Brückner (1825 und 1827) und H. v. Blücher (1829) mancherlei Beobachtungen veröffentlicht. Um die Geologie und Paläontologie der Mark Brandenburg hatte sich besonders K. F. Kloeden*) verdient gemacht. Seine Untersuchungen über das Diluvium sind theils in den Beiträgen zur mineralogischen und geognostischen Kenntniß der Mark Brandenburg, theils im Neuen Jahrbuch für Mineralogie 1832 S. 369, theils in einem besonderen Werk „Die Versteinerungen der Mark Brandenburg" (Berlin 1834) niedergelegt. Kloeden zeigte, daß die Geschiebe und Blöcke nicht nur aus Skandinavien, Finland und den russischen Ostseeprovinzen stammen, sondern daß für einen Theil derselben (Kreidegeschiebe, Sternberger Kuchen u. s. w.) die Herkunft ganz unsicher sei. Die Einleitung des letztgenannten Werkes enthält historische Angaben über die Anfänge der geologischen und paläontologischen Studien in der Mark Brandenburg. Die Ostseeländer zwischen Eider und Oder wurden (1846) von E. Boll geognostisch geschildert und diese Darstellung durch eine geognostische Skizze von Mecklenburg[19]) (1851) und durch verschiedene Abhandlungen über Versteinerungen aus den Diluvialgeschieben ergänzt. Ueber die geognostischen Verhältnisse der Ebene zwischen Wittenberg und Stendal schrieb H. Girard 1844 einen Bericht[20]), welcher durch ein noch jetzt beachtenswerthes Werk desselben Verfassers über die norddeutsche Ebene zwischen Weichsel und Elbe[21]) vervollständigt wurde. Mit der geognostischen Beschaffenheit der Umgebung von Berlin und namentlich mit den Diluvialbildungen der Mark beschäftigte sich 1843 Bennigsen-Förder. Die Insel Rügen wurde in paläontologischer Hinsicht von Fr. v. Hagenow sorgfältig durchforscht und 1858 von

*) Kloeden Karl Friedr., geboren 1786 in Berlin; von 1824 bis 1855 Director der Gewerbeschule in Berlin, gestorben 1856 in Berlin.

E. Boll geognostisch beschrieben. Ueber die Geologie von Helgoland, Lüneburg, Segeberg, Läggedorf und Elmshorn verdankt man O. Volger[22]) (1846) ein werthvolles Werk; über Helgoland Wiebel (1848) eine treffliche historisch-geologische Monographie.[23]) Die Umgebung von Hamburg bildete das Arbeitsgebiet von K. G. Zimmermann, in neuerer Zeit von Wiebel, Gottsche, Stolley und Zeise. Ueber Mecklenburg sind besonders die Arbeiten von F. E. Koch (1856 und 1860) über die Gegend von Dömitz und Dobberan, von K. M. Wiechmann über die Tertiärbildungen bei Sternberg und seit 1880 die zahlreichen Publicationen von Eugen Geinitz hervorzuheben. Durch die Specialuntersuchungen von E. Geinitz ist nicht nur die Kenntniß der ausgedehnten Diluvialablagerungen, sondern auch die der isolierten Schollen von Flötzformationen in Mecklenburg außerordentlich gefördert worden. Seit 1889 besteht in Rostock eine geologische Landesanstalt unter der Leitung von E. Geinitz, welche die fortlaufende Verwerthung geologischer Forschungen, namentlich im Interesse der Landwirthschaft, zur Aufgabe hat. Die Herausgabe von Specialkarten ist vorläufig noch nicht in Aussicht genommen, dagegen hat E. Geinitz (1883) eine geologische Uebersichtskarte von Mecklenburg veröffentlicht.[24]) Ueber Schleswig-Holstein verdankt man dem rastlos thätigen und vielseitigen L. Meyn (1841) eine grundlegende Arbeit und einige Jahre später (1847) eine Erläuterung zu der von Forchhammer herausgegebenen geognostischen Karte der Herzogthümer. Seit 1870 übernahm Meyn im Auftrag der preußischen geologischen Landesanstalt die Specialaufnahme seines Heimathlandes und stellte eine Uebersichtskarte von Schleswig-Holstein im Maßstab von 1 : 300000 her, die 1879, ein Jahr nach seinem Tod, veröffentlicht wurde. In neuerer Zeit haben G. Karsten, Lehmann, Haas, Gottsche, Stolley u. A. Beiträge zur Geologie Schleswig-Holsteins geliefert.

Zwischen 1865 und 1871 unternahm G. Berendt im Auftrag der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg eine geologische Untersuchung der Provinz Preußen und veröffentlichte über dieselbe eine Anzahl eingehender Berichte und Karten. Diese seit 1881 durch A. Jentzsch fortgesetzten Aufnahmen veranlaßten die preußische geologische Landesanstalt zur Errichtung einer besonderen Abtheilung, welche sich ausschließlich mit der geologischen Erforschung des Flachlandes, sowie mit der Herstellung geologisch-agronomischer Karten zu befassen hat. Auf diesen Karten soll die Beschaffenheit des Unter-

grundes bis zu derjenigen Tiefe veranschaulicht werden, welche für die Bewirthschaftung des Bodens von Interesse ist. Als Leiter der Flachlandsabtheilung wurde G. Berendt von Königsberg an die Landesanstalt berufen und bearbeitete 1874 im Verein mit dem Agricultur-Chemiker Orth probeweise zunächst einige Blätter aus der Umgegend von Berlin. Die agronomisch-geologischen Karten im Maßstab von 1 : 25000 fanden in land- und forstwirthschaftlichen Kreisen, welche bisher für die Arbeiten der Geologen nur geringes Interesse an den Tag gelegt hatten, solchen Anklang, daß eine systematische Specialaufnahme des ganzen norddeutschen Flachlandes beschlossen wurde. Mit dieser Aufgabe sind seit 25 Jahren eine stattliche Anzahl Mitglieder und Mitarbeiter der preußischen geologischen Anstalt beschäftigt, unter denen neben G. Berendt, Orth und A. Jentzsch nur Wahnschaffe, M. Scholz, Keilhack, E. Laufer, Gruner, Klebs, Klockmann, Ebert, Schröder, Beushausen, Gagel und Zeise genannt werden mögen. Ueber 180 Blätter der agronomisch-geologischen Flachlandskarte im Maßstab von 1 : 25000 sind bis jetzt vollendet und 1880 wurde von der geologischen Landesanstalt eine geologische Uebersichtskarte der Gegend von Berlin im Maßstab von 1 : 100000 mit Erläuterungen von G. Berendt und W. Dames veröffentlicht.

Neben diesen topographisch-geologischen Untersuchungen existiert eine umfangreiche Literatur über die verschiedenen Formationen und Versteinerungen der norddeutschen Ebenen. Fast unübersehbar ist die Menge der Abhandlungen über das Diluvium, namentlich nachdem O. Torell durch seine Inland-Eistheorie der Forschung neue Wege gewiesen hatte. Die wichtigsten der hierher gehörigen Arbeiten sind bereits S. 344 erwähnt. Mit den jüngeren Tertiärbildungen in Holstein und Lauenburg beschäftigten sich K. G. Zimmermann, L. Meyn, E. F. Koch, E. Beyrich, J. D. Semper, v. Koenen und Gottsche, mit den miocänen Braunkohlen-Bildungen in Ost- und Westpreußen, Brandenburg und Sachsen C. F. Zincken (1871), O. Heer (1869), R. Klebs (1880), O. v. Gellhorn (1889 bis 1891), Giebelhausen (1871), Huyssen (1871). Ueber das Oligocän im Samland mit seinen Einlagerungen von Braunkohlen und Bernstein wurde schon seit dem 16. Jahrhundert vieles geschrieben; in neuerer Zeit haben sich besonders E. G. Zaddach, G. Berendt, A. Jentzsch, H. R. Goeppert, O. Heer, H. Conwentz, R. Klebs,

F. Nötling, A. Menge, Meyn u. A. um das Vorkommen des samländischen Tertiärs und Bernsteins und deren organische Ueberreste Verdienste erworben. Ueber die sonstigen oligocänen Bildungen und deren Fauna in der norddeutschen Ebene liegen Arbeiten von E. Beyrich, A. Behm, v. Hagenow, v. Koenen, Boll, Koch, Wiechmann,. E. A. Reuß, Th. Ebert, E. Geinitz u. A. vor. Die organischen Ueberreste in der weißen Kreide von Rügen sind durch C. G. Ehrenberg, F. v. Hagenow, F. A. Roemer, E. A. Reuß und Th. Marsson, jene von Lüneburg durch Volger, v. Strombeck, Schlüter, Gottsche und Stolley bearbeitet; die Juraschollen in Pommern wurden von Kloeden, Wessel, Sadebeck, v. Hagenow, M. Scholz, jene in Posen von A. Runge, F. Roemer, A. Jentzsch und O. Jäckel, der Lias in Mecklenburg durch E. Geinitz und die berühmten Steinbrüche im Muschelkalk von Rüdersdorf in vorzüglicher Weise durch H. Eck (1872) beschrieben.

In Westdeutschland und speciell in den preußischen **Rheinlanden, Westfalen** und den angrenzenden Theilen von Kurhessen und Nassau beginnt eine regere Thätigkeit auf geologischem Gebiet im dritten Dezennium dieses Jahrhunderts und zwar vorzugsweise durch Jac. Nöggerath*), in dessen vierbändigem Sammelwerk „Das Gebirge in Rheinland-Westfalen (Bonn 1822 bis 1826)" durch eine Anzahl größerer und kleinerer, theils von dem Herausgeber, theils von verschiedenen Mitarbeitern (v. Hövel, Stengel, v. Oeynhausen, v. Dechen, Schulze, Buff, J. C. L. Schmidt, J. Burkardt, G. Bischof u. A.) abgefaßter Abhandlungen die geologischen Verhältnisse der beiden Provinzen geschildert und durch Karten und Profile illustriert werden. Besondere Erwähnung verdient ein größerer Beitrag von H. v. Dechen, über den nördlichen Abfall des niederrheinisch-westfälischen Gebirges (1823), worin sich der damals noch jugendliche Verfasser bereits als vorzüglich befähigter Beobachter kund gibt, der die verwickeltsten Lagerungsverhältnisse mit seltenem Scharfsinn zu entwirren vermochte.

Bemerkenswerth unter den älteren Arbeiten sind auch die bereits früher (S. 386) erwähnten Schriften J. Steininger's über die er-

*) Nöggerath Jacob, geboren 1788 in Bonn, stand zwischen 1814 und 1815 als Bergcommissär in französischen Diensten, wurde 1816 Mitglied des Oberbergamts in Bonn und 1818 zugleich Professor der Mineralogie und Geologie an der dortigen Universität; starb 1877 in Bonn.

loschenen Vulkane der Eifel und am Niederrhein, sowie Beiträge von G. Bischoff, Goldfuß, v. Oeynhausen, Omalius d'Halloy, Goldenberg u. A. über die Geologie und Paläontologie der Rheinlande. In Westfalen suchten Becks, in Waldeck Menke, in Kurhessen A. Schwarzenberg, F. E. Strippelmann, Fr. Hoffmann, Graf zu Münster, W. Dunker und A. Philippi, in Nassau C. E. Stifft[25]), im Taunus und Vogelsgebirge G. A. Wille (1821) die geologischen Verhältnisse klar zu legen. 1837 veröffentlichte E. Beyrich seine wichtigen Beobachtungen über das rheinische Schiefergebirge und die in demselben vorkommenden Versteinerungen und 1842 erschien das grundlegende Werk von Murchison, Sedgwick, de Verneuil und d'Archiac über die paläozoischen Bildungen von Norddeutschland und Belgien, welchem unmittelbar die ersten Beiträge G. Sandberger's über die nassauischen Devonschichten und Versteinerungen folgten. F. Roemer's prächtige Untersuchungen über das rheinische Schiefergebirge wurden für die folgenden Jahrzehnte in fast allen wesentlichen Fragen maßgebend und später (1847—1856) durch die schönen Arbeiten der Gebrüder Sandberger über das Devon und dessen Versteinerungen in Nassau vervollständigt. Ueber die wenig bekannten Gebiete zwischen dem Dill- und Lahnthal und den Kreis Wetzlar verbreitete eine sorgfältige Monographie von A. Klipstein[26]) Licht, namentlich soweit es sich um das Vorkommen und die Verbreitung der verschiedenen Gebirgsarten handelt.

Im Jahre 1841 wurde H. v. Dechen*) als Berghauptmann nach Bonn berufen und von dieser Zeit an bis zum Jahre 1889 ruhte die geologische Erforschung von Rheinland und Westfalen vorzugsweise in der Hand dieses rastlos thätigen und scharfsinnigen Forschers. Auch an dem glänzenden Emporblühen des Bergbaues und Hüttenwesens in den beiden Provinzen hatte v. Dechen durch seine amtliche

*) Dechen Heinrich v., geboren am 25. März 1800 in Berlin, widmete sich dem Bergfach; wurde nach Vollendung seiner akademischen Studien Bergreferendar in Bochum, Essen und Berlin; bereiste 1826 und 1827 mit seinem späteren Schwager v. Oeynhausen England und Schottland, kam 1831 als Oberbergrath nach Berlin und wurde 1834 außerordentlicher Professor der Geologie daselbst. 1841 erfolgte seine Ernennung zum Berghauptmann in Bonn, woselbst er mit kurzen Unterbrechungen bis zu seinem Tode (1889) lebte. 1864 nahm er, ausgezeichnet durch den Titel eines wirklichen Geheimen Rathes, seinen Abschied aus dem Staatsdienst, um sich vollständig der Wissenschaft zu widmen.

Stellung einen wesentlichen Antheil. Die ersten geologischen Arbeiten v. Dechen's in seinem neuen Wirkungskreis beginnen 1844 und beziehen sich vorzugsweise auf die rheinischen Vulkane, Eruptivgesteine und Erzlagerstätten. Im Jahre 1852 wurde seine Beschreibung des Siebengebirgs mit Karte veröffentlicht, welche 1861 in zweiter Auflage erschien. Dieser folgten (1861) eine geognostische Schilderung der Vulkanreihe der Vordereifel und (1864) des Laacher Sees. Im Jahre 1855 begann H. v. Dechen im Auftrag des Ministers von der Heydt eine systematische Specialuntersuchung der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen und beendigte diese Riesenaufgabe 1884 durch Herausgabe eines Atlas von 35 Blättern im Maßstab von 1 : 80000 und zwei Bänden Erläuterungen. Es war dies die erste geologische Karte eines ansehnlichen Theiles von Deutschland in diesem Maßstab, und wenn auch die neueren, jetzt im Gang befindlichen Specialaufnahmen im Einzelnen vielerlei Berichtigungen und Verbesserungen bringen werden, so dürfte doch das v. Dechen'sche Gesammtbild dauernde Geltung behalten. Als Werk eines Einzelnen ist es eine bewunderungswürdige Leistung. Unzählige Beobachtungsreisen waren für die Herstellung der Karte erforderlich. Fast alle wichtigeren Punkte wurden wiederholt besucht, um völlige Sicherheit über das Beobachtete zu gewinnen. Von den zwei Bänden Erläuterungen enthält der erste, im Jahre 1870 erschienene eine ausführliche Uebersicht der orographischen und hydrographischen Verhältnisse mit einer sehr großen Menge von Höhenbestimmungen; der zweite Band (1884) bringt die geologische und paläontologische Beschreibung der beiden Provinzen und der angrenzenden Gebiete von Hessen und Nassau. Schon früher (1872) hatte v. Dechen eine Zusammenstellung der geologischen und mineralogischen Literatur des betreffenden Gebietes veröffentlicht, die, durch H. Rauff bis zum Jahre 1886 ergänzt, als Festschrift für die Versammlung der deutschen geologischen Gesellschaft in Bonn gedruckt wurde. Im Jahre 1866 stellte v. Dechen mit Benützung seiner Specialkarte eine schöne Uebersichtskarte im Maßstabe von 1 : 500000 zusammen, von der 1883 eine zweite Auflage erschien.

Während v. Dechen mit der Bearbeitung und Herausgabe der letzten 20 Sectionen seiner Karte beschäftigt war, begann E. Weiß 1862 bis 1867 die Specialuntersuchung des Steinkohlengebirgs und gab 1867 mit H. Laspeyres eine geologische Uebersichtskarte dieses

Gebietes im Maßstab von 1 : 100000 heraus. Kurz darauf wurde die Herstellung einer Specialkarte auf Grundlage der Meßtischkarten im Maßstab von 1 : 25000 beschlossen, mit der Leitung dieser Aufgabe H. v. Dechen und mit der Specialuntersuchung selbst zunächst E. Weiß betraut, der auch im Saargebiet 12 Sectionen vollendete und dieselben im Jahre 1875 mit reichhaltigen Erläuterungen veröffentlichte. Zwischen 1871 und 1873 betheiligte sich Rolle längs der bayerischen Grenze und von derselben Zeit an bis jetzt H. Grebe im südlichen Theil der Rheinprovinz an den Aufnahmen. Gemeinsam mit H. v. Dechen und K. Lossen studierte Grebe die Eruptivgesteine im Nahethal. Dem durch seine früheren Arbeiten über die geologischen Verhältnisse von Dillenburg und Herborn bekannten Carl Koch (1871) wurde die Untersuchung des Regierungsbezirks Wiesbaden zugetheilt. Nach Koch's Tod (1882) setzten Em. Kayser in Nassau und Angelbis im Westerwald dessen Arbeiten fort. Im letzten Dezennium wurden die Aufnahmen in der südlichen Rheinprovinz und den angrenzenden Theilen von Nassau von Grebe, Kayser, Holzapfel und Leppla, in Westfalen von Loretz durchgeführt. Auch in Kurhessen hatten sich schon seit 1862 W. Dunker und Moesta mit der Herstellung einer geologischen Specialkarte beschäftigt, die nach Errichtung der preußischen geologischen Landesanstalt von Speyer, v. Koenen, Beyschlag, Bücking, Oebbeke, Kayser, Leppla, Blanckenhorn und A. Denckmann fortgesetzt wurde.

Selbstverständlich entfaltete sich in einem Gebiet mit vier Hochschulen auch neben den staatlichen Untersuchungen eine rege wissenschaftliche Thätigkeit, und so ist denn aus Rheinland, Westfalen, Nassau, Kurhessen, Waldeck und Oberhessen eine reiche geologische Specialliteratur hervorzuheben. Auf die zahlreichen Arbeiten über die Vulkane und Eruptivgesteine am Niederrhein, in der Eifel, im Saargebiet, Vogelsberg, Westerwald, in Kurhessen und der Rhön wurde bereits früher (S. 402) hingewiesen. Mit den älteren Eruptivgesteinen, namentlich mit den Grünsteinen in Nassau, beschäftigten sich Sandberger, Koch und in neuerer Zeit Riemann, Angelbis, Chelius, Streng u. A., mit den Porphyren, Melaphyren 2c. im Nahethal besonders Laspeyres, Lossen und Leppla. Nächst den Vulkanen zog das rheinische Schiefergebirg in besonderem Maße das Interesse auf sich. Ferd. Roemer und die Gebrüder Sandberger, denen man die grundlegenden Untersuchungen über das rheinische und nassauische Devon verdankt,

wurden nicht müde, sich bis zu ihrem Tode mit dieser Formation zu beschäftigen. Neben ihnen erwarben sich J. Schnur, L. Schultze, Wirtgen und Zeiler, O. Follmann, Simonowitsch, Em. Kayser, Cl. Schlüter, Fr. Frech, Bargatzki, Holzapfel, v. Koenen, E. Schulz, F. Maurer, E. Waldschmidt, R. Stein u. A. um die Gliederung und Paläontologie des rheinischen Devons Verdienste. Eine Flötzkarte des westfälischen Steinkohlengebirges verfaßte Lottner (1868), R. Nasse eine vortreffliche geologische Beschreibung des Saarbrücker Steinkohlengebirges (1884); über die Flora der Steinkohlenformation in Rheinland und Westfalen liegen zahlreiche Abhandlungen und Monographieen von Göppert, Goldenberg, Andrae, E. Weiß, v. Röhl und Achepohl vor; mit den carbonischen Insekten beschäftigten sich Goldenberg und Hagen, mit den Anthracosien (Najaden) R. Ludwig, mit den Krebsen und Fischen H. v. Meyer, Troschel, Kner, Jordan, mit den Amphibien Goldfuß, H. v. Meyer, Jaekel u. A. Die rheinischen Permbildungen wurden von E. Weiß, Grebe, Holzapfel, Dieffenbach, die Trias von M. Blanckenhorn, die Jura-Ablagerungen am Teutoburger Wald von Ferd. Roemer und R. Wagener geschildert. Ueber die Kreide von Aachen sind geologische Untersuchungen von Debey, v. Dechen und Ferd. Roemer und paläontologische Monographieen von Jos. Müller, Beissel, J. Böhm, Holzapfel, Debey und v. Ettinghausen vorhanden. Die westfälischen Kreidebildungen wurden durch Ferd. Roemer, v. Strombeck, von der Marck, Cl. Schlüter, Hosius, Deicke, Weerth u. A. geologisch und paläontologisch durchforscht. Mit den niederrheinischen, westfälischen, kurhessischen und hannöverschen Tertiärbildungen hatten sich schon Graf zu Münster und R. Philippi beschäftigt, neuere, paläontologische Arbeiten schrieben O. Speyer, v. Koenen und Lienenklaus. Die Braunkohlenbildungen in Rheinland und Westfalen nebst ihrer Flora und Fauna fanden in Goldfuß, Troschel, O. Weber, Wessel, R. Ludwig, v. Ettinghausen, Heyden Bearbeiter und mit den in Höhlen vorkommenden diluvialen Funden befaßten sich v. Dechen, Fuhlrott, Schaaffhausen, Schwarze und Dückert.

Die oberrheinischen Länder südlich vom Hundsrück, dem Saarbecken und Taunus bilden eine natürliche geologische Provinz, die im Westen von den Gebirgen der Rheinpfalz, von den Vogesen und der lothringischen Hochebene, im Osten vom Odenwald und Schwarzwald,

im Süden vom Rhein und dem schweizerischen Jura begrenzt wird. Eine erste umfassende Beschreibung dieses Gebietes wurde 1825 von H. v. Dechen, C. v. Oeynhausen und C. v. La Roche[27]) veröffentlicht. Dieses grundlegende Werk beruht großentheils auf eigener Anschauung und bietet eine eingehende Beschreibung von Hessen, Baden, Elsaß-Lothringen und Württemberg. Die Sedimentärformationen sind mit einer bis dahin ungewohnten Genauigkeit geschildert und auch die beigegebene geognostische Karte mit 44 verschiedenen Farben kann für die damalige Zeit als kaum übertroffenes Muster bezeichnet werden. Willkommene Beiträge zur Geologie des südlichen Schwarzwaldes und der Gegend von Basel lieferte P. Merian[28]); eine geologische Beschreibung der Gegend von Heidelberg H. G. Bronn[29]) und eine Uebersicht der geognostischen Verhältnisse des Odenwalds, der Wetterau und des Spessarts A. Klipstein.[30])

Eine systematische geologische Untersuchung des Großherzogthums **Hessen** hatte A. Klipstein schon 1826 beabsichtigt und zu diesem Behufe das ganze Land bereist; allein der Plan scheiterte an mancherlei Schwierigkeiten, so daß von den 12 in Aussicht genommenen Monographieen nur die erste, bereits erwähnte über die Gegend zwischen der Dill und den Salzböden (1852) wirklich vollendet wurde. Der im Jahre 1845 gegründete Verein für Erdkunde in Darmstadt nahm den Klipstein'schen Plan wieder auf und veröffentlichte in seinen Schriften 1850 eine erste geognostische Skizze und Uebersichtskarte von Hessen durch Oberst F. Becker, welcher bald darauf (1852) eine vollständigere Uebersicht der geologischen Verhältnisse Hessens von Friedr. Voltz folgte. Eine Darstellung des Mainzer Beckens hatte (1850) A. Braun im Walchner'schen Lehrbuch der Geognosie geliefert. Im Jahre 1851 ging aus dem Darmstädter Verein für Erdkunde der mittelrheinische geologische Verein hervor, welcher sich als Hauptaufgabe die Herstellung einer geologischen Specialkarte Hessens und der angrenzenden Länder im Maßstab von 1 : 50000 stellte. Es war dies der erste kühne Versuch, eine so großartige Aufgabe durch einen Privatverein zu lösen, und in der That wurden von demselben in den Jahren 1855 bis 1872 nicht weniger als 17 Vollblätter mit erläuternden Texten, Tafeln und Profilen fertiggestellt und herausgegeben. Von diesen Blättern hatte R. Ludwig acht allein und fünf theilweise aufgenommen; die übrigen Mitarbeiter waren E. Dieffenbach, F. Becker, H. Tasche, Ph. Seibert, Gutberlet und A. Groos.

Die Leitung lag in der Hand des Bankdirectors R. Ludwig. Trotz mancher zum Theil durch absonderliche theoretische Anschauungen Ludwig's veranlaßter Irrthümer enthalten die vom mittelrheinischen Verein herausgegebenen Karten doch eine Fülle werthvoller Beobachtungen und sind ein rühmliches Denkmal dieser selbstlosen privaten bis 1872 dauernden Thätigkeit. Zehn Jahre später (1882) wurde in Darmstadt unter der Leitung von R. Lepsius eine staatliche geologische Anstalt zur Herstellung von Specialkarten im Maßstab von 1:25000 errichtet, mit deren Aufnahme neben Lepsius die Landesgeologen Chelius und Klemm und verschiedene andere Mitarbeiter beschäftigt sind. Eine Uebersichtskarte des Großherzogthums Hessen im Maßstab von 1:350000 hatte 1867 R. Ludwig, eine solche des Mainzer Beckens im Maßstab von 1:100000 R. Lepsius (1883) veröffentlicht.

Der Reichthum an Versteinerungen im Mainzer Becken, in der Nachbarschaft von Frankfurt und in der Rheinebene hatte schon im vorigen Jahrhundert den Kriegsrath Merck in Darmstadt zum Sammeln und zur Beschreibung fossiler Säugethiere aus dem Diluvium veranlaßt. In der Mitte der zwanziger Jahre begannen Herm. v. Meyer und A. v. Klipstein ihre über ein halbes Jahrhundert fortgesetzten paläontologischen und geologischen Forschungen in den Frankfurter, hessischen und südnassauischen Tertiärbildungen, denen sich von 1832 an J. J. Kaup mit seinen schönen Studien über die fossilen Säugethiere von Eppelsheim und anderen Localitäten im Mainzer Becken anschloß. 1836 beschrieben v. Klipstein und Kaup den von ihnen bei Eppelsheim aufgefundenen, jetzt im Britischen Museum befindlichen Dinotheriumschädel. H. v. Meyer hat die Reste von Säugethieren, Vögeln, Reptilien und Fischen aus der Gegend von Frankfurt, Weisenau, Wiesbaden, Mainz und anderen Orten in zahlreichen Publicationen beschrieben, während A. Braun (1842), Thomae (1845), Frid. Sandberger, Weinkauff und in neuerer Zeit O. Böttger hauptsächlich den fossilen Tertiärconchylien und den sie enthaltenden Ablagerungen ihre Aufmerksamkeit schenkten. Frid. Sandberger's Monographie der Tertiärconchylien des Mainzer Beckens (1858 bis 1863) wird stets ein Fundamentalwerk für die mittelrheinischen Tertiärbildungen bleiben. Weniger zuverlässig sind die mannigfaltigen paläontologischen Arbeiten R. Ludwig's; dagegen haben sich v. Ettingshausen und Geyler Verdienste um die Kenntniß der fossilen Flora-

v. Heyden um die fossilen Insekten in den Braunkohlenbildungen der Wetterau und Rheinhessens erworben.

Ueber die geologischen Verhältnisse der Nachbarschaft von Frankfurt und Darmstadt sind mehrere Abhandlungen von O. Volger, C. Rößler, C. v. Fritsch und in neuerer Zeit von Lepsius, Kinkelin und v. Reinach vorhanden. Die Halitheriumreste im Mainzer Becken wurden durch Krauß, Kaup und Lepsius, die Dinotherien von Eppelsheim von H. v. Meyer, Kaup und Weinsheimer monographisch bearbeitet. Mit den krystallinischen Gesteinen an der Bergstraße, im Spessart und in der Gegend von Gießen beschäftigten sich v. Klipstein, G. Leonhard, C. W. Fuchs, Knop, Streng, Bücking, Greim, in neuester Zeit Chelius und Klemm; mit der Geologie des Taunus C. Lossen, Rolle und C. Koch. Eine Zusammenstellung der auf das Großherzogthum Hessen bezüglichen Literatur bis zum Jahr 1884 verdankt man C. Chelius, eine ähnliche über Elsaß-Lothringen Benecke und Rosenbusch und van Werveke (1887—1890) und ein sehr umfangreiches, mit der scrupulösesten Sorgfalt hergestelltes Literaturverzeichniß von Baden, Württemberg, Hohenzollern und einigen angrenzenden Gegenden den Bemühungen von H. Eck.[31])

Als Begründer der geologischen Kenntniß von **Elsaß-Lothringen** darf Ph. Ludwig Voltz*) betrachtet werden. Dieser scharfsinnige und kenntnißreiche Forscher übte nicht nur auf die Entwickelung der Geognosie, sondern auch der Berg- und Hüttenindustrie im Elsaß einen großen Einfluß aus. Obwohl er verhältnißmäßig wenig schrieb, so macht sich seine thatkräftige Mitwirkung doch in vielen Arbeiten seiner Zeitgenossen bemerkbar. Er stellte zuerst die Formationsfolge im Elsaß fest und lieferte ein Verzeichniß der Mineralien und Versteinerungen in den beiden rheinischen Departements (1828). Kleinere Abhandlungen über die Trias bei Vic, den Buntsandstein von Sulz, den Bradfordthon von Buxweiler, sowie paläontologische Arbeiten über Belemniten und die Gattung Nerinea verrathen überall den feinen Beobachter. Eine 1835 anonym erschienene geognostische Karte des oberrheinischen Departements hat L. Voltz zum Verfasser. Das bereits

*) Voltz Philippe Louis, geboren 1784 in Straßburg; studierte von 1803 bis 1806 an der polytechnischen Schule in Paris, bereiste darauf die Alpen und Belgien, wurde 1815 Ingénieur des Mines in Straßburg, 1835 Generalinspector der Bergwerke in Paris, wo er am 15. Januar 1840 starb.

(S. 513) erwähnte Werk von v. Oeynhausen, v. Dechen und v. La Roche stützt sich, soweit es sich um die linksrheinischen Gebiete handelt, vielfach auf die Forschungen von Voltz und auch P. Merian, dem man werthvolle Beiträge zur Geologie der oberrheinischen Länder verdankt, stand zu Voltz in nahen freundschaftlichen Beziehungen.

Gegen Ende der zwanziger Jahre beginnt mit den Arbeiten Elie de Beaumont's, Rozet's und Hogard's die Periode der französischen Forschung in den jetzigen Reichslanden. Elie de Beaumont hatte seine großartige, mit Dufrenoy durchgeführte geologische Aufnahme von Frankreich durch die Untersuchung der Vogesen eingeleitet und über dieselben 1828 eine ausgezeichnete Abhandlung geschrieben. Im ersten Band des erläuternden Textes erschien 1841 eine geradezu glänzende und in geologischer Hinsicht fundamentale Darstellung dieses Gebriges. Auf die berühmte Uebersichtskarte der beiden großen Geologen folgten verschiedene Specialaufnahmen einzelner Departements im Maßstab von 1 : 80000 mit mehr oder weniger ausführlichen Erläuterungen. Die erste von Billy (1848) behandelt das Vogesendepartement. Auf einer weit höheren Stufe steht A. Daubrée's Karte und Beschreibung des unterrheinischen Departements (1852), noch jetzt die Hauptquelle für die Geologie des unteren Elsaß. Die Karte und Beschreibung über das Meurthedepartement von Levallois (1855) ist eine sehr gewissenhafte Arbeit, worin namentlich die Parallelisierung der lothringischen und württembergischen Keuperbildungen mit großer Sachkenntniß durchgeführt ist. Auch die umfangreichen Erläuterungen zu der Karte des oberrheinischen Departements von Delbos und Köchlin-Schlumberger (1865) enthalten werthvolle Beobachtungen, doch gehen die Verfasser bezüglich der Entstehung der krystallinischen Gesteine von jetzt überwundenen theoretischen Anschauungen aus und sind darum mit Vorsicht zu benützen. Jacquot veröffentlichte 1857 eine geologische Karte der Umgebung von Metz und Reverchon (1866) eine solche des Moseldepartements, zu welcher Jacquot, Terquem und Barré (1868) den erläuternden Text verfaßten. Unabhängig von diesen offiziellen Aufnahmen beschäftigten sich A. Delesse zwischen 1847 und 1853 mit der Untersuchung der krystallinischen Eruptiv- und der metamorphischen Schiefergesteine, Ph. Schimper und Mougeot mit den fossilen Pflanzen des Buntsandsteins und Uebergangs-

gebirges. Terquem zwischen 1844 bis 1874 mit der Stratigraphie und Paläontologie des Lias und Doggers in der Umgebung von Metz. Die glacialen und diluvialen Bildungen in den Vogesen nahmen zwischen 1846 bis 1848 das Interesse E. Collomb's fast ausschließlich in Anspruch.

Nach dem deutsch-französischen Krieg im Jahre 1870 und 1871 wurde Straßburg wieder das Centrum für die geologischen Bestrebungen in Elsaß-Lothringen. Im Jahre 1873 bewilligte die Regierung in den Reichslanden die Mittel zur Veröffentlichung von topographischen und geologischen Karten im Maßstab von 1 : 25000. Einer Commission, bestehend aus den Professoren Benecke, Rosenbusch und Groth und einem Vertreter des Bergwesens wurde die Leitung der geologischen Aufnahmen übertragen und später (1890) eine geologische Landesanstalt unter der Direction der Professoren W. Benecke und Bücking gegründet. Die Zeit bis zum Erscheinen der ersten topographischen Blätter (1882) wurde zu Vorarbeiten und zur Herausgabe von drei Uebersichtskarten des westlichen Lothringen im Maßstab von 1 : 80000 benützt. An der Herstellung der Specialkarte betheiligen sich gegenwärtig neben den Leitern die Landesgeologen L. van Werveke und Schumacher und als Mitarbeiter Bruhns und B. Förster. Von W. Benecke erschien (1878) ein Abriß der Geologie von Elsaß-Lothringen, ferner eine sehr eingehende Schilderung der Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg (1877) und eine Abhandlung über den Jura in Deutsch-Lothringen (1898). R. Lepsius schrieb 1875 über den Buntsandstein in den Vogesen; dem unteren Dogger in Lothringen ist eine Monographie von W. Branco (1879) gewidmet. Die Fauna der Juraablagerungen im Elsaß ist durch verschiedene Abhandlungen von Steinmann, Haas, Petri, Deecke, Andreae, G. Meyer, Schlippe und Roeder illustriert; mit dem Untercarbon in den Vogesen beschäftigt sich A. Tornquist, mit den tertiären Insekten bei Mülhausen Förster, mit den tertiären und diluvialen Ablagerungen im Elsaß Andreae. Von Rosenbusch rührt eine Abhandlung über die Steiger-Schiefer und ihre Contactzone (1877), von P. Groth über das Gneißgebiet von Markirch her, von Cohen, G. Linck und Osann liegen Untersuchungen über krystallinische und Schiefergesteine in den Vogesen vor. Die Mehrzahl dieser Arbeiten ist in den Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Elsaß-Lothringen publiciert.

Ueber die bayerische **Pfalz** existiert bis 1845 keine selbständige geologische Literatur. Das zwischen Rheinpreußen, Rheinhessen und Elsaß-Lothringen eingeschlossene Gebiet wurde in der Regel von den Autoren, welche sich mit den Nachbarländern beschäftigten, flüchtig behandelt. Durch das Eingreifen W. Gümbel's beginnt auch für die Pfalz eine Periode selbständiger Forschung. Mit einem Aufsatz über den Donnersberg eröffnet Gümbel (1846) seine literarische Thätigkeit und im Jahre 1865 erschien in der Bavaria ein Abriß der Geologie der Rheinpfalz. Seitdem liegen einige Aufsätze von H. Laubmann über die Gegend von Neustadt, sowie aus neuester Zeit die im Auftrag der bayerischen und preußischen geologischen Landesanstalten ausgeführten Specialuntersuchungen von Leppla und O. Reis über das Buntsandsteingebiet in der Hardt und die Eruptivgesteine im Nahethal vor.

Die ältesten geologischen Arbeiten über das jetzige Großherzogthum **Baden** von Baron Dieterich und Saussure beziehen sich auf den vulkanischen Kaiserstuhl, der auch später eine reiche Literatur (vgl. S. 404) veranlaßt hat. Ueber den Schwarzwald veröffentlichte Selb zwischen 1805 und 1823 eine Reihe mineralogischer, bergmännischer und geognostischer Notizen und über den berühmten Steinbruch von Oeningen und das Höhgau verdankt man Karg (1805) und Lavater (1808) die ersten Nachrichten. Was bis zum Jahre 1832 über die geologischen Verhältnisse Badens bekannt war, findet sich in Walchner's Lehrbuch der Geognosie zusammengestellt. Die bahnbrechenden Arbeiten v. Alberti's über Trias beziehen sich theilweise auch auf Baden; mit dem Jura im Breisgau und der Nachbarschaft von Freiburg beschäftigte sich (1837—1842) C. Fromherz[32]), mit dem Lias von Langenbrücken P. Bolley (1837), später Deffner, Fraas (1859) und Futterer (1891); mit der Umgegend von Baden Marx (1835) und L. Hausmann (1844). Die reiche Flora von Oeningen wurde (1838 und 1845) zuerst von A. Braun, dann von Oswald Heer[33]), die Insekten von O. Heer[34]), die Fische von L. Agassiz, die höheren Wirbelthiere von H. v. Meyer[35]) (1845) beschrieben. Die erste zusammenfassende geognostische Skizze des Großherzogthums Baden verfaßte 1846 G. Leonhard*) und vervollständigte dieselbe

*) Leonhard Gustav, geboren am 22. November 1816 in München als Sohn von K. C. v. Leonhard, studierte in Heidelberg und Berlin, habilitierte

nachträglich durch verschiedene Abhandlungen über die Gegend von Heidelberg und den Odenwald.

Ein frischerer Zug kam in die badischen geologischen Studien, als das Ministerium des Innern aus Mitteln des Badfonds zunächst die geologische Specialuntersuchung der Umgebung der wichtigeren Heilquellen und später auch anderer Theile des Landes verfügte. Auf diese Weise entstanden eine Anzahl Specialkarten im Maßstabe von 1 : 50000 mit Erläuterungen, die in den Beiträgen zur Statistik der inneren Verwaltung des Großherzogthums Baden veröffentlicht wurden. Fridolin Sandberger bearbeitete die Umgebung von Badenweiler (1858), von Baden (1861) und der Renchbäder (1863) und veröffentlichte überdies (1864) eine geologische Specialkarte der Gegend von Karlsruhe und Durlach im Maßstab von 1 : 25000, von Julius Schill wurde die Gegend von Ueberlingen (1859), von Glotterthal und Suggenthal (1862) und Waldshut (1867), von K. Zittel und Vogelgesang die Sectionen Möhringen und Mößkirch (1867), von Ph. Platz Lahr und Offenburg (1867), Forbach und Ettlingen (1873), von Vogelgesang Triberg und Donaueschingen (1872) aufgenommen und beschrieben. Im Jahre 1873 fanden diese officiellen Aufnahmen wegen Mangels an Mitteln ihren vorläufigen Abschluß. Sie wurden jedoch privatim fortgesetzt von W. Benecke und Cohen, welche zwei Kartenblätter, die Umgebung von Sinsheim (1874) und Heidelberg (1877) darstellend, veröffentlichten, und zwar ließen die beiden Autoren statt der bisher verwendeten Generalstabsblätter mit Schraffierung eine topographische Grundlage im gleichen Maßstabe, aber mit äquidistanten Curven herstellen. Die Erläuterungen zu den beiden Blättern erschienen in drei Heften 1879, 1880 und 1881; W. Benecke hatte darin die Sedimentärbildungen, E. Cohen die krystallinischen Gesteine übernommen. Auch H. Eck beschäftigte sich mehrere Jahre lang mit der Untersuchung des badischen Schwarzwaldes und gab als Früchte seiner Studien 1884 eine geologische Karte der Umgebung von Lahr im Maßstabe von 1 : 25000 mit Text und Profilen, 1886 eine solche in gleichem Maßstabe über die Gegend von Müllheim, Feldberg, Blauen &c., ferner eine geognostische Karte der weiteren Umgebung der Schwarz-

sich 1841 in Heidelberg als Privatdocent, wurde 1853 außerordentlicher Professor daselbst; trat 1862 in die Redaction des Neuen Jahrbuchs für Mineralogie, Geologie und Petrefaktenkunde ein; starb 1878 in Heidelberg.

waldbahn (Haslach, Wolfach, Schiltach, Triberg ꝛc.), von Ottenhöfen und der Umgebung der Renchbäder (1887) und 1892 eine solche von Baden-Baden, Rothenfels, Gernsbach und Herrenalb heraus. Bei diesen Karten sind überall die Generalstabsblätter im Maßstabe von 1 : 50000 als topographische Grundlage benützt und nur der letzten ein umfangreicher erläuternder Text beigefügt. Eine Uebersichtskarte des Schwarzwaldes im Maßstabe von 1 : 200000 (1888) gewährt einen Ueberblick der mühevollen Untersuchungen dieses äußerst sorgfältigen und kritischen Beobachters. Um die Kenntniß der Triasbildungen im südöstlichen Schwarzwalde machte sich F. Schalch (1873), um jene im Pfinzthal, Kraichgau und Neckarthal Ph. Platz (1873 bis 1881) verdient. Von Platz rührt auch eine geologische Uebersichtskarte des Großherzogthums Baden (1888) her. Ueber die krystallinischen Gesteine im Schwarzwald erschienen Abhandlungen von Hebenstreit (1877), Killing (1878), E. Weber (1884), Kloos (1885), über das Münsterthal eine eingehende Monographie von A. Schmidt (1886). Seit 1890 besteht auch in Baden eine geologische Landesanstalt unter der Leitung von Professor Rosenbusch in Heidelberg, welche nach dem Muster der preußischen Landesanstalt mit der Herstellung einer Specialkarte des Großherzogthums beauftragt ist. Als Landesgeologen sind an diesen Aufnahmen A. Sauer, F. Schalch und H. Thürach, als Mitarbeiter Steinmann, Gräff, G. Böhm, Futterer und Osann betheiligt.

Ueber den geologischen Bau des Königreichs **Württemberg** wurden erst im zweiten und dritten Dezennium dieses Jahrhunderts klarere Anschauungen gewonnen, obwohl der Versteinerungsreichthum dieses Landes schon im 17. und 18. Jahrhundert Männer wie Bauhinus, Balthasar Ehrhart und Hiemer zum Sammeln und zur Veröffentlichung der Ergebnisse ihrer Forschungen aufgemuntert hatte. Die ersten Darstellungen der geognostischen Verhältnisse Württembergs von Hundeshagen, Hehl, Schübler, A. Boué und Keferstein erschienen zwischen 1821 und 1824 und enthalten über die Reihenfolge der Flötzformationen noch grobe Irrthümer. Der Muschelkalk wird meist mit dem thüringischen Zechstein, der Buntsandstein mit dem Rothliegenden und der liasische Gryphitenkalk mit dem Muschelkalk verwechselt.

Das schon mehrfach genannte, 1825 erschienene Werk von v. Oeynhausen, v. Dechen und v. La Roche über die oberrheinischen Länder

gewährt auch über den westlichen Theil von Württemberg wichtigen Aufschluß und beseitigt namentlich die Unklarheit über die Stellung des Buntsandsteins, des Muschelkalks und der darüber liegenden Keupermergel; allein über die Gliederung der Juraformation herrschte noch bis gegen 1840 große Unsicherheit; obwohl Major v. Zieten in seinem prächtig illustrierten Werk über die „Versteinerungen Württembergs" (1830—1834) die wichtigsten Leitfossilien vortrefflich abgebildet und beschrieben und H. Stahl (1824) und Friedr. Hartmann (1830) Verzeichnisse der in Schwaben vorkommenden Versteinerungen herausgegeben hatten. Auch in Schlotheim's Petrefaktenkunde und in Goldfuß's Petrefacta Germaniae sind zahlreiche Versteinerungen aus Württemberg abgebildet und beschrieben.

Die eigentlichen Begründer der schwäbischen Geologie sind Fr. v. Alberti und Fr. Aug. Quenstedt.*) In einem Werk „über die Gebirge des Königreichs Württemberg, in besonderer Beziehung auf Halurgie" (Stuttgart 1825) bietet Fr. v. Alberti eine vortreffliche Beschreibung der älteren krystallinischen Eruptiv- und Schiefergesteine im Schwarzwald und der darüber folgenden Flötzformationen. In musterhafter Weise sind namentlich die jetzt zur Trias gerechneten Bildungen dargestellt, während die jurassischen Ablagerungen stiefmütterlich behandelt werden. Alberti geht bezüglich der letzteren nicht wesentlich über die Schübler'sche Eintheilung hinaus und erst Graf v. Mandelslohe gab genauere Kunde über die Gliederung des schwäbischen Jura (1836) und suchte denselben mit den gleichaltrigen Bildungen in der Schweiz und in England zu vergleichen. Er unterschied im Ganzen neun Abtheilungen, welche theilweise mit den in England gebräuchlichen Namen (Portlandkalk, Coralrag, Oxfordclay, Bradfordclay, unterer Oolith ꝛc.) belegt wurden.

Im Jahre 1834 hatte Fr. v. Alberti sein classisches Werk über die Trias vollendet und für Württemberg im Wesentlichen seine ältere geognostische Uebersicht benützt. Hehl faßte die Ergebnisse der Alberti-

*) Quenstedt Friedrich August, geboren 1809 in Eisleben, wurde als Waise von seinem Oheim, einem Schullehrer in Meisdorf, erzogen und unterrichtet, bezog 1830 die Universität Berlin und wurde dort nach seiner Promotion Assistent an der mineralogisch-geologischen Sammlung; er folgte 1837 einem Ruf als Professor der Mineralogie und Geologie nach Tübingen, gründete dort eine vortreffliche Unterrichts- und Localsammlung; starb am 21. December 1889 in Tübingen.

schen und Mandelsloh'schen sowie seiner eigenen Forschungen 1841 in einem kurzen Abriß der Gebirgsverhältnisse Württembergs (erschienen in Memminger's Beschreibung von Württemberg) zusammen und veröffentlichte denselben 1850 in erweiterter Form. Im Jahre 1837 wurde Fr. Aug. Quenstedt nach Tübingen berufen und schon 1843 erschien aus der Feder dieses ausgezeichneten Beobachters eine Schilderung der „Flötzgebirge Württembergs", welche sich für die Trias im Wesentlichen an Alberti anschließt, aber den Jura nach dem Vorgang Leop. v. Buch's in drei Abtheilungen (schwarzer, brauner und weißer Jura) zerlegt. Jede dieser Abtheilungen wird wieder in sechs mit den griechischen Buchstaben $\alpha - \zeta$ bezeichnete Stufen eingetheilt. Bei dieser Gliederung sind lediglich die schwäbischen Verhältnisse berücksichtigt. Quenstedt wollte grundsätzlich eine locale, von fremden Einflüssen unabhängige Eintheilung des Jura und eliminierte darum die zum Theil mißverständlich angewandten fremden Bezeichnungen, wie Oxford-, Bradford-clay u. s. w. Sämmtliche Stufen sind paläontologisch in präcisester Weise charakterisiert und nachdem Quenstedt 1858 in einem besonderen Werk über den „Jura" nicht nur alle Stufen topographisch und stratigraphisch geschildert, sondern auch alle Versteinerungen derselben vortrefflich beschrieben und abgebildet hatte, blieb für die Gliederung des schwäbischen Jura kaum noch etwas Wesentliches zu thun übrig. Quenstedt's begabte Schüler Rominger, Osc. Fraas*) und Oppel haben durch Detailstudien im schwäbischen Jura und namentlich durch Vergleich derselben mit den gleichaltrigen Ablagerungen im übrigen Deutschland, in der Schweiz, Frankreich und England die Kenntniß der Juraformation mächtig gefördert. In seinen späteren paläontologischen Arbeiten, welche unter dem Titel „Petrefaktenkunde Deutschlands" erschienen, hat Quenstedt den größten Theil der in Schwaben vorkommenden wirbellosen Thiere beschrieben. Mit den prächtigen fossilen Fischen, Amphibien, Reptilien, Vögeln

*) Fraas Oscar, geboren am 17. Januar 1824 zu Lorch in Württemberg als Sohn eines Geistlichen, studierte in Tübingen Theologie, wurde Vicar in Balingen und später Pfarrer in Laufen. Als Schüler Quenstedt's beschäftigte er sich eifrigst mit Geologie und Paläontologie, so daß er 1854 zum Conservator der geologischen Abtheilung des Stuttgarter Naturalien-Cabinets ernannt wurde. Hier schuf er eine musterhafte Localsammlung, betheiligte sich an der geognostischen Landesaufnahme, bereiste zweimal Aegypten, Palästina und Syrien; wurde 1894 Director des Naturalien-Cabinets in Stuttgart; starb am 22. November 1897.

und Säugethieren aus der Trias, dem Jura, Tertiär, den Höhlen und dem Diluvium Württembergs beschäftigten sich Jaeger, H. v. Meyer, Plieninger, Quenstedt, Oscar und Eberhard Fraas, Hedinger u. A., die tertiäre Molasse in Oberschwaben wurde besonders von Probst und K. Miller, die subjurassischen Süßwasserablagerungen von Eser, Klein, Schill, Zittel, Sandberger, Gümbel u. A., das oberschwäbische Diluvium von Bach, Steudel und Penck untersucht.

War auf diese Weise Württemberg vielleicht das in paläontologischer Hinsicht bestbekannte Land in Deutschland, so blieb auch die geologische Specialuntersuchung nicht hinter anderen Staaten Deutschlands zurück. Im Jahre 1863 wurde durch das statistisch-topographische Bureau eine geologische Landesaufnahme zum Behufe der Herstellung einer Specialkarte im Maßstabe von 1:50000 angeordnet und mit Ausführung dieser Arbeit O. Fraas, E. Paulus, H. Bach, Quenstedt, Deffner und H. Hildebrand beauftragt. Die Karte ist seit 1893 vollendet und jedes Blatt mit einem Heft Erläuterungen versehen. Daneben wurden durch O. und Eb. Fraas eine Anzahl Eisenbahnprofile in großem Maßstabe geologisch untersucht und veröffentlicht. Einzelne vergriffene Blätter werden gegenwärtig von Eb. Fraas revidiert. Nach Herstellung der topographischen Grundlage soll auch eine geologische Specialkarte im Maßstabe von 1:25000 in Angriff genommen werden. Von Bach wurde (1845) eine Uebersichtskarte von Württemberg, Baden und Hohenzollern herausgegeben und später in mehreren Auflagen, wovon die letzte 1882 erschien, wesentlich verbessert. Ein Vergleich dieser Karte (1:280000) und der sie begleitenden geognostischen Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern von O. Fraas (1882) mit dem Hehl'schen Abriß zeigt am besten, welch' gewaltige Fortschritte auf geologischem Gebiete in Schwaben im letzten Jahrhundert gemacht wurden. Ueber Hohenzollern veröffentlichte Ad. Achenbach (1857) eine geognostische Beschreibung mit Karte, und 1883 schrieb Theod. Engel einen auf großer Localkenntniß beruhenden geognostischen Wegweiser durch Württemberg.

Aus dem rechtsrheinischen **Bayern** ist bis zur Mitte dieses Jahrhunderts wenig von geologischer Thätigkeit zu berichten. Ueber die Gebiete an der Nordgrenze des jetzigen Königreichs gab es einige Untersuchungen von auswärtigen Forschern und nur Bayreuth bildete

durch die Thätigkeit des Grafen zu Münster zwischen 1830 und 1840 eine Art von Oase für paläontologische Bestrebungen. Graf Münster war ein Sammler ersten Ranges und ein vortrefflicher Kenner der damals bekannten Versteinerungen. Von ihm wurde ein großer Theil des Materials zu dem großen Tafelwerk »Petrefacta Germaniae« geliefert, welches er gemeinsam mit Goldfuß herausgab und in seinen Beiträgen zur Petrefaktenkunde, wovon zwischen 1839 und 1841 sieben Lieferungen erschienen, sind namentlich die paläozoischen und triasischen Versteinerungen des Fichtelgebirges und der Gegend von Bayreuth, sowie die hochinteressanten Reste aus dem lithographischen Schiefer von Franken sorgsam beschrieben. Münster's Beispiel veranlaßte auch Andere, z. B. den Regierungspräsidenten v. Andrian und den Professor Fr. Braun in Bayreuth zu paläontologischen Forschungen, deren Ergebnisse jetzt in der Kreissammlung von Bayreuth zu sehen sind; die große Münster'sche Sammlung wurde für München angekauft und bildet den Grundstock des dortigen paläontologischen Staatsmuseums. Ueber das Fichtelgebirge ist aus dem Jahre 1817 eine jetzt freilich gänzlich veraltete geognostische Beschreibung von Goldfuß und G. Bischof vorhanden, später haben Sedgwick und Murchison (1840 und 1848) die paläozoischen Gesteine zuerst zu gliedern versucht und aus derselben Zeit verdankt man auch Naumann, Cotta und namentlich R. Richter mancherlei Mittheilungen über das Fichtelgebirge. Die westlich anstoßenden nordfränkischen Triasgebiete wurden 1822 von L. v. Buch, 1835 von A. Hoffmann flüchtig geschildert; genauere Untersuchungen rühren von Berger, v. Schauroth, H. Credner und Emmrich aus den benachbarten Theilen von Coburg und Meiningen her; die Gegend bei Würzburg wurde 1852 von A. Schenk geognostisch dargestellt und die schöne Triasflora Frankens durch A. Schenk und Rumpf beschrieben. Die durch Voigt schon im vorigen Jahrhundert untersuchte Rhön fand in K. C. v. Leonhard (1832), Gutberlet (1845 bis 1856) und Hassenkamp (1852—1860), in neuester Zeit durch Bücking sachkundige Bearbeitung. Ueber den geognostischen Bau des Spessarts lieferten A. v. Klipstein (1830) und Kittel (1840) die ersten genaueren Nachrichten; über den Frankenjura schrieb Leop. v. Buch 1839 seine berühmte Abhandlung, 1843 veröffentlichte A. v. Klipstein seine Reiseeindrücke in Franken und um dieselbe Zeit war Theodori in der Gegend von Banz thätig und legte

im Schloß Banz eine prächtige Sammlung von Liassauriern und anderen fränkischen Versteinerungen an. In Eichstätt machte sich Frischmann (1853) um die Kenntniß der Versteinerungen des lithographischen Schiefers verdient; Schnitzlein und Frickhinger schilderten (1855) die botanischen und geologischen Verhältnisse im Flußgebiet der Wörnitz und Altmühl; Fr. Pfaff, Oppel, Waagen und Egger beschäftigten sich mit der Gliederung der fränkischen und niederbayerischen Jurabildungen, und über die Umgebung von Regensburg und die dortigen Kreidebildungen schrieb E. Beyrich (1849) eine grundlegende Abhandlung. Was man in geologischer Hinsicht bis zum Jahre 1860 über das ostbayerische Grenzgebirge und die bayerisch-schwäbische Hochebene wußte, findet sich fast Alles in Flurl's Beschreibung der Gebirge in Bayern (1792), sowie in einigen kleineren Aufsätzen von Voith, Waltl (1836—1853) und Wineberger (1851).

Die bayerischen Alpen waren bis Beginn des dritten Dezenniums nahezu unbekannt. Leop. v. Buch hatte (1828) auf einer Excursion nach Tegernsee daselbst Lias und sogenannte Gervillienschichten nachgewiesen und die beiden englischen Geologen Sedgwick und Murchison (1830) eine allerdings höchst summarische Schilderung des geologischen Baues der Alpen geliefert. Die Versteinerungen im Hippuritenkalk bei Reichenhall und am Kressenberg bei Teisendorf wurden schon von Keferstein, A. Boué, Bronn und Graf Münster im Wesentlichen richtig gedeutet; Lill v. Lilienbach hatte 1830 und 1833 werthvolle Angaben über die Gegend von Salzburg und Berchtesgaden veröffentlicht. Die ersten eingehenderen Studien rühren zwischen 1846 und 1858 von Schafhäutl und Emmrich her. Schafhäutl*) hatte 1849 eine systematische geognostische Untersuchung des Königreichs Bayern angeregt und diese auch mit sehr bescheidenen Mitteln

*) Schafhäutl Karl Franz Emil v., geboren am 16. Februar 1803 in Ingolstadt, studierte zu Landshut Mathematik und Naturwissenschaften und wurde 1827 Scriptor an der Bibliothek der nach München verlegten Universität. 1834 siedelte er nach England über, erfand dort eine Maschine zum Puddeln des Schmiedeisens und entdeckte den Stickstoff im Eisen. 1841 kehrte er nach München zurück, wurde 1842 Conservator der neugegründeten geognostischen Staatssammlung und 1843 Professor der Geognosie, Bergbau- und Hüttenkunde; starb am 25. Februar 1890. — Neben seinen geologischen, technischen und chemischen Arbeiten beschäftigte sich Schafhäutl auch mit Geschichte und Theorie der Musik und ist als geistvoller Schriftsteller auf diesem Gebiete geschätzt.

in den Alpen begonnen. Seine Untersuchungen[36]) bringen zum erstenmal eine reiche Menge von Detailbeobachtungen über Funde von Versteinerungen und Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Formationen, und wenn der Autor auch in der stratigraphischen Deutung der verschiedenen Ablagerungen nicht sonderlich glücklich ist, wenn er z. B. die ganze Trias in den Jura versetzt und über den Aufbau des Alpengebirges noch recht unklare Vorstellungen vertritt, so hat sich Schafhäutl doch als Pionier in den bayerischen Alpen bleibende Verdienste erworben. Präcisere Ergebnisse, namentlich über die Stellung der triasischen und liasischen Bildungen in den bayerischen Alpen lieferten die auf mehreren Reisen angestellten und zwischen 1849 und 1853 veröffentlichten Beobachtungen von Emmrich. Die Publicationen der Gebrüder Schlagintweit (1854) haben mehr physikalisches und topographisches als geologisches Interesse.

Im Jahre 1850 beginnt die Thätigkeit C. W. v. Gümbel's*) und zwar zunächst als Hilfsarbeiter in der von Schafhäutl geleiteten Commission für die geognostische Erforschung des Königreichs, von 1854 an als Director des dem k. Oberbergamt angegliederten „geognostischen Bureaus". Bis zu seinem Tode widmete sich Gümbel mit unermüdlicher Energie der geologischen Untersuchung seines Vaterlandes. Für die Aufnahme im Felde wurden theils Katasterblätter im Maßstabe von 1 : 5000, theils die großen Forstkarten benützt; für die Publication ließ Gümbel eine eigene topographische Grundlage im Maßstabe von 1 : 100000, leider ohne Bergzeichnung oder Kurven herstellen. Nach wenigen Vorarbeiten in der Oberpfalz und am Rand des bayerischen Waldes nahm Gümbel die Untersuchung der bayerischen Alpen in Angriff und vollendete diese Riesenaufgabe in nicht ganz sechs Sommern. Die 1861 von fünf Kartenblättern begleitete Beschreibung der bayerischen Alpen beschränkt sich nicht auf die Landesgrenzen, sondern erstreckt sich auch auf die Nachbargebiete

---

*) Gümbel Wilhelm v., geboren am 11 Februar 1823 zu Dannenfels in der Rheinpfalz als Sohn eines Försters, studierte in Heidelberg und München Bergbaukunde und Naturwissenschaften, wurde 1850 Markscheider zu St. Ingbert. 1851 wurde er als Bergmeister nach München versetzt und bei der geognostischen Landesuntersuchung verwendet, als deren Leiter er von 1854 bis zu seinem Tode thätig war. 1863 wurde er Ehrenprofessor an der Universität, 1868 auch Professor der Geologie an der technischen Hochschule und nach Knorr's Tod Director des k. Oberbergamts. Starb am 18. Juni 1898.

und bildet noch jetzt eine der wichtigsten Grundlagen für die Geologie der Nordalpen. Im Jahre 1868 erschien der zweite, ebenso starke Band mit der Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges und fünf Karten. Er enthält wichtige Untersuchungen über das Grundgebirge und die krystallinischen Schiefergesteine. Der dritte, 1879 erschienene Band behandelt das Fichtelgebirge und den Frankenwald. In diesem verwickelten und tektonisch complicierten Gebiet galt es vornehmlich die vielartigen Eruptivgesteine, das an nutzbaren Mineralien reiche Urgebirge und die paläozoischen Sedimentärgesteine mit ihrer mannigfaltigen Fauna und Flora zu schildern. Es folgte 1891 ein vierter Band mit einer musterhaften Beschreibung des Frankenjura.

Leider war es Gümbel nicht beschieden, sein gewaltiges Lebenswerk zu Ende zu führen, aber der weitaus schwierigste Theil ist vollendet und für die noch fehlenden Gebiete (Unterfranken, Rheinpfalz und bayerische Hochebene) liegen umfangreiche Vorarbeiten vor. An der geologischen Landesaufnahme Bayerns haben sich als Mitarbeiter Reisenegger, Wurm, Ostler, Reber, Loretz, Conr. Schwager, v. Ammon, Leppla, Reis, Thürach u. A. betheiligt, aber Gümbel veröffentlichte in seiner Beschreibung Nichts, was er nicht selbst gesehen und geprüft hatte. Er übernahm allein die Verantwortlichkeit für alle Publicationen der Anstalt und schuf dadurch ein einheitliches Werk, dem in Deutschland nur v. Dechen's geologische Schilderung von Rheinland und Westfalen zur Seite gestellt werden kann. Neben der geologischen Untersuchung Bayerns entfaltete Gümbel eine reiche und vielseitige wissenschaftliche Thätigkeit. Zwischen 1863 und 1865 veröffentlichte er in der Bavaria kurzgefaßte geologische Skizzen der verschiedenen Provinzen Bayerns und schon 1858 hatte er eine geognostische Uebersichtskarte von Bayern und den angrenzenden Ländern im Maßstab von 1 : 500000 herausgegeben. Neben Gümbel machten sich in neuerer Zeit Fridolin v. Sandberger, Zelger, Nies und Thürach um die Kenntniß der fränkischen Trias verdient; über den Frankenjura schrieben Fr. Pfaff, Schrüfer, v. Ammon, Schlosser, über das Fichtelgebirge Fr. Leyh, Pompeckj, über den bayerischen Wald Weinschenk, über die schwäbisch-bayerische Hochebene Stark, Wetzler, v. Zittel, Penck, v. Ammon, Clessin u. A., über die Alpen G. Winkler, v. Zittel, Rothpletz, Schlosser, O. Reis, Schäfer, Reiser u. A. Das letzte größere Werk K. W. v. Gümbel's

ist eine geologische Beschreibung von Bayern (1894). Es enthält die Quintessenz einer fast fünfzigjährigen Forscherthätigkeit und wird voraussichtlich noch lange das Fundamentalwerk für Bayerns Geologie bleiben.

Specialkarten im Maßstab von 1:25000 wie in den übrigen deutschen Ländern sind bis jetzt von der staatlichen geognostischen Anstalt noch nicht hergestellt und veröffentlicht worden, dagegen wurden privatim verschiedene Theile der bayerischen Alpen durch A. Rothpletz, Eb. Fraas, Finkelstein, Joh. Böhm, Böse, Heimbach, Imkeller und Söhle im Maßstab von 1:25000 kartiert und sehr eingehend geologisch und paläontologisch untersucht.

B. Die außerdeutschen Länder Europas.*)

Auf dem Gebiete der geologischen Localforschung hat es **England** durch William Smith am frühesten zur Meisterschaft gebracht und bis in die Mitte dieses Jahrhunderts war Großbritannien das Land, welches der ganzen übrigen Welt durch seine topographisch-geologische Arbeitsmethode als Muster vorleuchtete. Während in anderen Ländern, etwa mit Ausnahme von Sachsen, an eine systematische geologische Landesuntersuchung noch nicht gedacht wurde, besaß England schon in den zwei ersten Dezennien dieses Jahrhunderts in den W. Smith'schen Specialkarten und in der Greenough'schen Uebersichtskarte Darstellungen seines geologischen Baues von relativ hoher Vollendung. In Schottland suchte Mac Culloch das englische Vorbild zu erreichen, konnte jedoch seine 1834 vollendete Karte wegen mechanischer Schwierigkeiten erst 1840 veröffentlichen.

In die Periode zwischen 1820 und 1840 fallen die bahnbrechenden stratigraphischen Arbeiten von Buckland, Conybeare, Th. Weaver, H. G. Sowerby, Henslow u. A. über kleinere Districte von England; die Monographieen von Young und Bird (1822 und 1831) und J. Phillips (1829) über Yorkshire, von Gideon Mantell (1822, 1827 und 1833) über Sussex und den Südosten von England und von Sedgwick und Murchison über Wales, Cumberland und die angrenzenden Grafschaften (1830—1839). Für die Entwickelung der

*) Eine eingehende Erörterung der topographisch-geologischen Forschungen in den nichtdeutschen Ländern liegt außerhalb der Aufgabe dieses Werkes; dieselben sind darum nur insoweit berücksichtigt, als es zum Verständniß der historischen Entwickelung der topographischen Geologie erforderlich ist.

eigentlichen topographisch-geologischen Erforschung Englands wurde das Eingreifen de la Beche's von durchschlagender Bedeutung. Nachdem er auf eigene Kosten einen ansehnlichen Theil von Devon, Cornwall und Somerset aufgenommen und in einer für die damalige Zeit mustergültigen Weise kartiert hatte[37]), wurde er 1835 an die Spitze einer nationalen geologischen Anstalt (Survey) gestellt und mit der Herstellung einer geologischen Karte von Großbritannien im Maßstab von 1 Zoll zu 1 englischen Meile (1 : 63360) beauftragt. De la Beche organisierte die Anstalt in bewunderungswürdiger Weise, vereinigte mit ihr die höchste bergmännische Lehranstalt, the Royal School of Mines, nebst einem besonderen statistischen Bureau für Bergbau und errichtete ein Museum für praktische Geologie, das 1851 nach der Jermyn Street, dem jetzigen Sitz der Geological Survey, verlegt wurde. Mit einem ansehnlichen Stab von Mitarbeitern begann de la Beche seine große Aufgabe fast gleichzeitig in England, Wales und Irland. Bald machte sich ein Bedürfniß nach Arbeitstheilung geltend. De la Beche wurde Generaldirector, für England und Wales erhielt A. C. Ramsay, für Irland Henry James und nach dessen Rücktritt zwischen 1846 und 1850 Thomas Oldham, von 1850 bis 1869 J. B. Jukes und von da bis 1890 Edw. Hull die Leitung der Aufnahmen. Erst 1854 wurden durch Ramsay die Arbeiten auch auf Schottland ausgedehnt und 1867 eine schottische Abtheilung unter Arch. Geikie, dem jetzigen Generaldirector der geologischen Anstalt des vereinigten Königreichs errichtet. Im südlichen England mußte für die Einzeichnungen im Feld die 1 Zoll zu 1 Meile (1 : 63360) Karte benützt werden und in diesem Maßstab erfolgte auch die Publication der ganzen großbritannischen geologischen Specialkarte, worin die Farben durch Handcolorierung eingetragen sind. Für Irland, Schottland und Nordengland konnten im Feld Karten im Maßstab von 6 Zoll zu 1 Meile (1 : 10560) verwendet werden, die zur Publication auf den kleineren Maßstab reduciert wurden. Nach dem Tode de la Beche's (1855) ging die Generaldirection der Survey auf Sir Roderik Murchison bis 1871, dann bis 1881 auf Ramsay und von da an auf Arch. Geikie über. Die Aufnahmen von England und Wales waren 1883, die von Irland 1887 vollendet; von Schottland fehlen noch einige Grafschaften im Centrum, Westen und Norden. Seit Abschluß der Specialaufnahmen in England, Wales und Irland und seit Herausgabe

einer schönen Uebersichtskarte dieser drei Theile von Großbritannien im Maßstab 1 : 253 440 werden in England Revisionsarbeiten vorgenommen, bei denen vorzugsweise die auf den älteren Kartenblättern vernachlässigte Oberflächenbedeckung Berücksichtigung findet. Es werden jetzt von den revidierten Gegenden sogenannte »solid Rock maps« d. h. abgedeckte Karten und solche mit Einzeichnung der Oberflächenbedeckung veröffentlicht.

Eine Publication der Originalaufnahmen im Maßstab von 1 : 10 560 findet nur bei einigen national-ökonomisch wichtigen Districten, z. B. Kohlenfeldern statt, doch können sämmtliche Blätter auf Wunsch von Interessenten bezogen werden. Neben den Karten ließ die geologische Anstalt von Anfang an zahlreiche, äußerst sorgfältig ausgearbeitete verticale und horizontale Durchschnitte, größere und kleinere Texterläuterungen und auch umfangreiche Monographieen über größere Gebiete oder einzelne Formationen anfertigen. Augenblicklich entfaltet sie neben den Revisionsarbeiten in England, Wales und Irland die lebhafteste Thätigkeit in Schottland, wo namentlich Peach und Horne nach dem Beispiel des scharfsinnigen Ch. Lapworth die verwickelten tektonischen Verhältnisse mit Glück zu entwirren versuchen. Eine geologische Uebersichtskarte von Schottland im Maßstab von 1 : 633600 gab Sir Archibald Geikie 1892, eine geologische Beschreibung von England und Wales Horace B. Woodward 1887 in zweiter Auflage heraus.

Schon vor William Smith hatten im vorigen Jahrhundert Guettard, Lavoisier und Monnet die Herstellung einer großen mineralogisch-petrographischen Karte von **Frankreich** angestrebt, jedoch in ihrer Darstellungsmethode kein nachahmungswerthes Beispiel gegeben. Gegenüber diesen tastenden Versuchen bekundet die kleine, aber nach modernen Grundsätzen ausgeführte Uebersichtskarte von Omalius d'Halloy vom Jahre 1822 (vgl. S. 152) einen wesentlichen Fortschritt. Die neue Aera der topographisch-geologischen Forschung für Frankreich beginnt mit Elie de Beaumont und Dufrénoy*), die 1822 auf einer Reise nach England die dortige Methode der geo-

*) Dufrénoy Pierre Armand, geboren 1792 zu Sevran (Seine et Oise), Bergingenieur, wurde nach Vollendung der im Jahre 1823 mit Elie de Beaumont begonnenen geologischen Karte von Frankreich Professor der Mineralogie an der École des Mines und von 1847 an auch Professor der Mineralogie am Jardin des plantes. Starb 1857.

logischen Kartierung kennen gelernt hatten und im Jahre 1825 anfänglich unter der Leitung von Brochant de Villiers mit der Herstellung einer geologischen Uebersichtskarte in 6 Blättern und im Maßstab 1:500000 beauftragt wurden. Elie de Beaumont hatte die östlichen Provinzen, Elsaß, Lothringen, die Ardennen, Burgund, den Jura, die Alpen und Provence, Dufrénoy die centralen und westlichen Theile Frankreichs übernommen. Im Jahre 1840 war die Riesenarbeit, durch welche Frankreich zum erstenmal eine vollständige, in technischer Ausführung musterhafte Darstellung seines geologischen Baues erhielt, vollendet. Die Karte erschien zwischen 1840 und 1842, die zwei Bände erläuternden Textes 1841 und 1848, nachdem die beiden Autoren schon früher meist in den Annales des Mines eine größere Anzahl Specialmonographieen über größere und kleinere Gebiete veröffentlicht hatten, die dann später in einem Sammelwerk vereinigt wurden.[38]) Gleichzeitig mit der großen Karte wurde eine kleine, handliche Uebersichtskarte von Frankreich im Maßstab von 1:2000000 herausgegeben. Schon vor dem Erscheinen der Beaumont-Dufrenoy'schen Karten hatten einzelne Departements auf ihre Kosten geologische Untersuchungen veranlaßt und geologische Karten veröffentlicht, für welche in der Regel die Generalstabskarte (1 : 80000) als topographische Grundlage diente. In den Bergingenieuren oder auch in Kreisen der Fachgelehrten fanden sich geeignete Kräfte zur Bewältigung dieser Aufgabe. Auf diese Weise entstanden die Werke und Karten von Passy über Seine-Inférieure (1832), von Rozet über Bas-Boulonais (1828), von de Caumont über Calvados (1828), von E. Thirria über das Departement Haute-Saône (1833), von Scipion Gras über die Departements Drôme (1835), Basses Alpes (1840) und Vaucluse (1862), von Sauvage und Buvignier über das Departement der Ardennen (1842), von Hogard (1845) und de Billy über die Vogesen (1848), von Leymerie über das Departement Aube (1846), von L. Gruner über das Departement Loire (1847), von A. Daubrée über das Departement Bas-Rhin (1852), von A. Buvignier über das Departement de la Meuse (1852), von Levallois über das Departement Meurthe (1855), von de Villeneuve-Flayosc über das Departement Var (1856), von V. Raulin über Yonne (1858), von H. Coquand über die Charente (1858 und 1862), von A. Lory über die Dauphiné (1860), von Delbos und Köchlin-Schlumberger über das Departement

Haut-Rhin (1865), von Reverchon, Jacquot, Terquem und Barré über das Departement Moselle (1866 und 1868).

Der Werth dieser Departementsaufnahmen und -Karten ist sehr ungleich, je nach der Individualität und Schulung des aufnehmenden Geologen. Einzelne wie z. B. die Monographieen von Thirria, Buvignier, Daubrée, Leymerie, Coquand sind in stratigraphischer und paläontologischer Hinsicht geradezu von grundlegender Bedeutung, andere erheben sich kaum über Beschreibungen von rein localem Interesse. Nicht überall wurde der gleiche Maßstab für die Karten gewählt und sehr häufig sind die Gebietsgrenzen durchaus unnatürlich. Immerhin war Frankreich durch diese Departementsaufnahmen den meisten continentalen Nachbarstaaten voraus und die rasche Entwickelung der Stratigraphie in Frankreich ist ihnen vorzugsweise zuzuschreiben. Neben diesen officiellen Arbeiten stockte die private Thätigkeit in keiner Weise. Das Pariser Becken wurde nach Cuvier, Al. Brongniart, C. Prévost und Omalius d'Halloy von P. Deshayes[39]), Hebert[40]), Watelet, Ch. d'Orbigny, Goubert, Belgrand[41]), St. Meunier[42]) u. A. nach allen Richtungen bis ins Detail untersucht. Vicomte d'Archiac durchwanderte Jahre lang das nördliche, mittlere und südwestliche Frankreich und die Pyrenäen, um die vergleichende Stratigraphie der jurassischen, cretaceischen und tertiären Ablagerungen festzustellen; im Languedoc entfalteten M. de Serres, Gervais, de Rouville ihre Thätigkeit; das Yonne-Departement fand in Cotteau, die Normandie in den beiden Deslongchamps, die Ardennen in Gosselet, das Aisne- und Mosel-Departement in Piette und Terquem, der französische Jura in J. Marcou, Etallon und Contejean, die Provence in Coquand, Mathéron, Reynès und A. Toucas, das aquitanische Becken in Grateloup, Basterot, Raulin, Delbos, Tournouër, Fallot, die Pyrenäen in Leymerie und Magnan, die Gegend von Lyon in Jourdan, Dumortier und Depéret, die Auvergne in Burat, Boubée, Le Coq eifrige Localforscher.

In den Jahren 1855 und 1867 legten Dufrenoy und Elie de Beaumont bei Gelegenheit der Pariser Ausstellungen 63 geologisch-colorierte Kartenblätter des nördlichen und nordwestlichen Frankreichs im Maßstab von 1:80000 im Manuscript vor und dies wurde 1868 Veranlassung zur Gründung einer staatlichen, mit der École des Mines verbundenen geologischen Anstalt unter der Direction von

Elie de Beaumont. Nach dessen Tod im Jahre 1874 übernahmen Jacquot und jetzt Michel-Lévy die Leitung der Anstalt. Dieselbe läßt geologische Specialkarten im Maßstabe von 1:80000, sowie Karten für die »Topographie sousterraine« herstellen. Bis Ende 1898 waren von den 267 Blättern Frankreichs 162 und außerdem durch Carez und Vasseur eine neue geologische Wandkarte von Frankreich im Maßstab von 1:500000 veröffentlicht. Die einzelnen Blätter der Specialkarte sind mit kurzen Erläuterungen und Durchschnitten versehen, welche auf die Rückseite aufgeklebt werden können. Außer den Karten gibt die geologische Anstalt seit 1889 jährlich einen Band von Abhandlungen über einzelne Districte, sowie größere Monographieen geologischen, petrographischen und paläontologischen Inhalts heraus.

Der geologische Bau von **Belgien** war von Omalius d'Halloy schon im Anfang dieses Jahrhunderts in den Hauptzügen festgestellt. Eine officielle Aufnahme des Landes fand zwischen 1836 und 1849 durch André Dumont*) statt. Diesem originellen Forscher verdankt Belgien eine treffliche geologische Karte in 9 Blättern und im Maßstab von 1:160000, die in zweierlei Gestalt, einmal als Bodenkarte und dann als abgedeckte geologische »Carte du sous-sol« erschien. Eine Anzahl Abhandlungen und zwei größere Monographieen über die Provinz Lüttich (1832) und über das Terrain Ardennais und Rhénau (1848 und 1849), die größtentheils in den Schriften der belgischen Akademie erschienen, dienen zur Erläuterung der Karte, welcher sonst kein Text beigegeben war. Im Jahre 1850 stellte Dumont eine kleinere Uebersichtskarte von Belgien und den angrenzenden Ländern her (1:800000), von welcher 1877 eine zweite Auflage erschien. Schon vor Beginn der officiellen Landesaufnahme durch Dumont hatten Drapiez (1823) über das Hainaut, Cauchy (1825) über die Provinz Namur (1825), Steininger (1828) und Engelspach-Larivière (1823) über Luxemburg und Davreux (1833) über die Provinz Lüttich, Galeotti (1837) über die Provinz Brabant, mehr oder weniger werthvolle Beschreibungen verfaßt, worin überall die von Omalius vorgeschlagene stratigraphische Eintheilung befolgt wird. A. Dumont schlug einen anderen Weg

*) Dumont André Hubert, geboren 1809 in Lüttich, von 1836 an bis zu seinem Tod Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Lüttich; starb daselbst am 28. Februar 1857.

ein und schuf für Belgien eine vollständig neue Localgliederung, die im Wesentlichen bis heute noch Gültigkeit besitzt. Durch die schönen Untersuchungen von de Koninck über die Fauna der Carbonbildungen, von Lyell, de Koninck, Nyst, Cornet und Briart über die tertiären, von d'Archiac, Bosquet, Briart und Cornet über die Kreideversteinerungen, von G. Dewalque und Chapuis über die jurassischen Bildungen Belgiens und Luxemburgs erhielten die Dumont'schen stratigraphischen Abtheilungen erst ihre paläontologische Begründung. Da Dumont durch seinen frühen Tod (1857) an der Vollendung einer umfassenden Darstellung der geologischen Verhältnisse Belgiens verhindert worden war, so blieb der kurze Abriß von Omalius d'Halloy vom Jahre 1842 lange Zeit die einzige leicht zugängliche Quelle der Belehrung über Belgien.

Erst im Jahre 1868 schrieb G. Dewalque seinen Prodrom der Geologie von Belgien, der 1880 unverändert in zweiter Auflage abgedruckt wurde. Dewalque konnte in seinem Werk noch von der trefflichen Abhandlung Gosselet's über die primären Ablagerungen Belgiens (1860) sowie von E. Dupont's wichtigen Untersuchungen über den Kohlenkalk Gebrauch machen, worin mancherlei Anschauungen von Omalius und Dumont ergänzt und berichtigt sind. Spätere Arbeiten von Gosselet[43]) über das Grenzgebiet von Belgien und Frankreich sind für die Kenntniß der Tektonik und Formationslehre dieses Landstrichs von großer Wichtigkeit.

Im Jahre 1877 wurde von dem Ministerium des Innern eine neue geologische Specialuntersuchung Belgiens beschlossen und eine Commission aus fünf Mitgliedern der belgischen Akademie zur Ueberwachung der Arbeiten eingesetzt. Die Aufnahmen wurden von E. Dupont geleitet und durch drei Conservatoren des Museums in Brüssel (van der Broeck, Rutot, Purvis) und elf Assistenten ausgeführt. Jeder Mitarbeiter erhielt eine besondere stratigraphische Gruppe zugetheilt, welche er im ganzen Königreich zu verfolgen und zu kartieren hatte. Die im Maßstab von 1:20000 hergestellten Karten sind in technischer Hinsicht geradezu musterhaft und gewähren durch eine sinnreiche Methode der Darstellung gleichzeitig ein Bild von der Oberflächenbeschaffenheit und von der Zusammensetzung des Untergrundes.

Gleichzeitig mit dieser Kartenaufnahme begann Dupont eine systematische Ausbeutung der Mineralien, Gesteine und namentlich

der Versteinerungen Belgiens im größten Maßstab und schuf dadurch das prächtige Localmuseum in Brüssel, worin die zahlreichen riesigen Skelete von Iguanodon von Bernissart, die Mosasauriden und Schildkröten aus der Kreide des Hainaut, die Säugethiere aus dem Crag von Antwerpen und die Reste aus den belgischen Höhlen kaum ihres gleichen finden. Leider veranlaßten wissenschaftliche und politische Dissidien die Auflösung der geologischen Anstalt, nachdem 16 Kartenblätter und eine Reihe höchst werthvoller Monographieen von de Koninck, Nyst, Dupont, Renard, v. d. Broeck, Rutot, Dollo u. A. über die Paläontologie, Stratigraphie und Petrographie Belgiens erschienen waren.

Im Jahre 1880 gab M. Mourlon[44]) eine neue übersichtliche Geologie von Belgien heraus und 1889 wurde an Stelle der früheren geologischen Landesanstalt, vom Ministerium der Industrie und öffentlichen Arbeiten eine der Bergdirection unterstellte geologische Commission ernannt mit der Befugniß, eine geologische Karte von Belgien im Maßstab von 1:40000 herzustellen. Für die Aufnahmen im Feld werden topographische Karten in doppelter Größe verwendet. Von den 226 zu veröffentlichenden Blättern waren Anfang 1898 146 vollendet. Mit dieser Commission wurde 1896 eine besondere Behörde (Service géologique de Belgique) unter der Direction von M. Mourlon verbunden, deren specielle Aufgabe die Untersuchung technisch nutzbarer Lagerstätten und der Wasserverhältnisse, sowie die Herstellung einer universellen Bibliotheca geologica bildet.

Eine ruhmreiche Stellung in der Geschichte der Geologie nimmt die kleine **Schweiz** ein. Auf die glänzenden Namen Scheuchzer, Saussure und de Luc im vorigen Jahrhundert folgten Conr. Escher und Ebel und nach ihnen das Dreigestirn Merian, Studer und Arnold Escher, denen sich der originelle J. Thurmann ebenbürtig anschließt. Der Basler Rathsherr P. Merian*) hat seine wissenschaftliche Ausbildung in Göttingen erhalten und war durch Haus-

*) Merian Peter, geboren 1795 in Basel, gehörte einer angesehenen und reichen Patrizierfamilie an; wurde 1820 Professor der Physik und Chemie an der Universität Basel, trat aber 1835 aus Gesundheitsrücksichten zurück; wurde Ehrenprofessor, 1847 Präsident des Erziehungscollegiums, Mitglied des kleinen Rathes und Director der naturhistorischen Sammlung und Bibliothek; starb am 8. Februar 1883.

mann in das Studium der Geologie eingeführt worden. Er verwerthete seine in Deutschland erworbenen Kenntnisse zunächst in der Umgebung von Basel und schrieb zwischen 1820 und 1831 mehrere Abhandlungen über die Nachbarschaft seiner Vaterstadt, über den nordwestlichen Theil des Jura und über den Südrand des Schwarzwaldes. Diese Arbeiten sind für die Gliederung der nordschweizerischen Trias und Jurabildungen grundlegend geworden. In späteren Jahren hat sich Merian vielfach mit alpiner Geologie beschäftigt und überall ist es die paläontologische Meisterschaft, welche er bei Bestimmung von Versteinerungen an den Tag legt, die seinen Beobachtungen einen dauernden Werth verleiht. Mit dem Namen und den wissenschaftlichen Arbeiten B. Studer's*) ist die Geschichte der neueren Entwickelung der Geologie in der Schweiz aufs engste verbunden. Schon seine erste größere Monographie über die Molasse (1825) trägt den charakteristischen Stempel aller Arbeiten dieses unendlich fleißigen, feinen und geistvollen Beobachters; aber erst mit seiner „Geologie der westlichen Schweizeralpen" (1834) betritt Studer das Gebiet, auf welchem er seine größten Lorbeeren ernten sollte. In diesem Werk macht Studer zuerst den allerdings nicht immer glücklichen Versuch, die mittlerweile im Jura durch Thurmann, Voltz und Merian gewonnenen Ergebnisse auf die sedimentären Bildungen der Alpen zu übertragen. Es folgten (1835) die Monographie der Gebirgsmasse von Davos, (1839) in Gemeinschaft mit A. Escher die Geologie von Mittel-Bündten, darauf Abhandlungen über die Gegend zwischen dem Thuner- und Luzernersee und über das Gebiet zwischen Gotthard und Simplon als Vorarbeiten für das monumentale, zwei Bände starke Werk „Geologie der Schweiz" (1851—1853) und für die gemeinsam

*) Studer Bernhard, geboren 1794 in Bern, studierte anfänglich Theologie, dann Naturwissenschaften in Göttingen, Freiberg, Berlin und Paris, wurde 1816 Lehrer der Mathematik und Physik an der Akademie in Bern und 1834 Professor der Mineralogie an der dortigen neugegründeten Universität. Sein ungewöhnlich langes Leben war der geologischen Erforschung seines Vaterlandes und namentlich der Alpen gewidmet. Im Verein mit Escher gab er die erste genauere geologische Karte der Schweiz heraus und stand bis zu seinem Tode an der Spitze der eidgenössischen Commission, welche die Herausgabe der späteren Specialkarten zu leiten hatte. Auf zahlreichen Reisen hatte er sich mit den geologischen Verhältnissen eines großen Theiles von Europa vertraut gemacht, so daß er an Vielseitigkeit des Wissens kaum von einem anderen Geologen seiner Zeit übertroffen wurde. Starb am 2. Mai 1887.

mit A. Escher herausgegebene geologische Karte der Schweiz im Maßstab von 1:380000, von der 1869 eine zweite und 1894 eine dritte verbesserte Auflage erschien. Berücksichtigt man die enormen topographischen, tektonischen und stratigraphischen Schwierigkeiten, welche bei dieser Aufgabe zu überwinden waren, so darf man das Studer'sche Werk wohl als eine der bedeutendsten geologischen Leistungen in diesem Jahrhundert bezeichnen. Ein nicht geringer Theil des Ruhmes fällt freilich seinem treuen Arbeitsgenossen Escher*) zu, der sowohl äußerlich als innerlich von dem zierlich gebauten, formgewandten, gerne theoretisierenden und in der Darstellung geradezu mustergiltigen Studer gründlich verschieden war. Der urwüchsige und offenherzige Escher fühlte sich am wohlsten in der Natur. An seiner Beobachtungsgabe übertrafen ihn Wenige, allein dem Ausarbeiten und Veröffentlichen seiner Beobachtungen war er gründlich abhold. Die sorgfältigen Tagebücher und Aufzeichnungen über seine fast 40jährigen Untersuchungen in den östlichen Schweizeralpen standen aber nicht nur Studer, sondern später auch anderen Freunden und Schülern zur wissenschaftlichen Benützung offen. Neben diesen beiden großen Alpenforschern verdient Jules Thurmann als Begründer der jurassischen Geologie rühmend hervorgehoben zu werden. Auch Alph. Favre**), welcher dem Beispiel

---

*) Arnold Escher von der Linth, geboren am 8. Juni 1807 in Zürich als Sohn des berühmten Erbauers des Linth-Canals und auch als Alpenforscher ausgezeichneten Hans Conrad Escher v. d. Linth, erhielt seine Vorbildung in seiner Vaterstadt, studierte darauf in Genf, Berlin und Halle Naturwissenschaften und zwar mit besonderer Vorliebe Geologie. Während seiner Studienzeit bereiste er einen großen Theil von Deutschland, Oesterreich und Oberitalien. Zwischen 1830 und 1833 durchwanderte er mit Fr. Hoffmann Italien und veröffentlichte mit diesem eine geognostische Karte von Sicilien. 1834 habilitierte sich Escher als Privatdocent an der Universität Zürich, schlug jedoch seine Beförderung zum Professor hartnäckig aus, weil er sich dafür nicht für befähigt hielt, bis ihm 1852 endlich die Professur an der Universität und 1856 auch die am Polytechnicum aufgenöthigt wurde, für die er eine Besoldung nicht annehmen wollte. Seine Bescheidenheit und Selbstlosigkeit sind fast ohne Beispiel; obwohl ihm die Rednergabe versagt war, übte er doch durch sein begeistertes Wort auf Fachgenossen und Schüler einen großen Einfluß aus. Seine werthvollen Sammlungen und Manuscripte hinterließ Escher dem Züricher Polytechnicum. Starb am 12. Juli 1872.

**) Favre Alphonse, geboren 1815 in Genf, gehörte einer reichen Patrizierfamilie an; wurde 1844 Professor der Geologie an der Akademie in Genf, jedoch

Saussure's folgend, 1860 eine vortreffliche Beschreibung des Mont Blanc-Gebietes nebst einer geologischen Karte desselben im Maßstab von 1:150000 herausgegeben hatte, gehört zu den verdienstvollsten Begründern der Alpengeologie.

Im Jahre 1859 wurde auf Antrag Studer's eine geologische Aufnahme der ganzen Schweiz unter Benützung der mittlerweile erschienenen Dufour'schen Karte im Maßstab von 1:100000 als topographische Grundlage beschlossen. Die Eidgenossenschaft gewährte für die Publication, sowie für die freiwilligen und unbesoldeten Mitarbeiter einen bescheidenen jährlichen Zuschuß, und damit wurde die große Aufgabe in 28 Jahren zum Abschluß gebracht. Gegenwärtig beschäftigt sich die Commission unter der Leitung von Lang und Heim mit der Revision der in zweiter Auflage zu veröffentlichenden Blätter. Unabhängig von diesen officiellen Aufnahmen verdankt man monographische Arbeiten über den Solothurner und Basler Jura Greßly (1841—1846) und Alb. Müller, über das Aargau Mousson (1840) und Moesch (1857), über die Stockhornkette Brunner v. Wattenwyl (1855), über die Gegend des Thuner Sees Rütimeyer (1850), über Graubündten Theobald (1860), über die Glarner Alpen Heim und Rothpletz (1898), über die Waadtländer und Walliser Alpen E. Renevier (1890) 2c.

Abgesehen von diesen geologisch-topographischen Arbeiten bilden auch die bahnbrechenden Studien von Venetz, Charpentier, Agassiz, Guyot, Desor u. A. über Glacialgeologie (vgl. S 331) einen unvergänglichen Ruhmestitel der Schweiz.

In **Oesterreich** war nach den vielversprechenden Anfängen topographisch-geologischer Studien von Hacquet, Ferber, Born, Fichtel, Fr. A. Reuß, Leop. v. Buch, Karsten im vorigen und im Anfang dieses Jahrhunderts eine Stagnation eingetreten, die nur durch vereinzelte Arbeiten meist fremder Forscher, wie Keferstein, Boué, Beudant, Sedgwick, Murchison, Razumowsky u. A. unterbrochen wurde. Erst in der Mitte der vierziger Jahre beginnt wieder eine etwas regere Thätigkeit. In Wien nahm sich der Director des Hofmineraliencabinets P. Partsch der verwaisten Wissenschaft an, indem

aus politischen Gründen schon 1852 durch Karl Vogt ersetzt; zog sich ins Privatleben zurück und widmete sich nach B. Studer's Tod als Vorstand der geologischen Landesaufnahme fast ausschließlich geologischen und prähistorischen Studien; starb am 11. Juli 1890.

er den geologischen Verhältnissen von Ober- und Niederösterreich und Steiermark seine Aufmerksamkeit zuwandte und 1843 eine geologische Karte der Umgebung von Wien mit Erläuterungen herausgab. Etwas später sammelte der thatkräftige W. Haidinger*) alle Freunde der Naturwissenschaften um sich und veröffentlichte in den von diesem Verein herausgegebenen Schriften und den von Haidinger ins Leben gerufenen naturwissenschaftlichen Abhandlungen viele von verschiedenen Autoren herrührende Notizen und Monographieen geologischen und paläontologischen Inhaltes. Von Haidinger rührt auch die erste geologische Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie her (1847), die freilich ein noch recht unvollkommenes Bild von dem geologischen Bau des Kaiserreichs gewährt und für den mangelhaften Zustand des damaligen geologischen Wissens Zeugniß ablegt. Um dieselbe Zeit hatte Barrande in Prag seine fundamentalen Untersuchungen über das böhmische Silur, E. A. Reuß sein großes Werk über die böhmischen Kreidebildungen und Zippe seine geognostischen Studien über Böhmen begonnen. In Inneröstereich, Steiermark, Kärnthen und Krain waren v. Morlot, in Oberösterreich Ehrlich, in der Gegend von Hallein Lill v. Lilienbach, in Galizien und den Karpathen Pusch, Zeuschner, Lill v. Lilienbach und Hohenegger thätig; in Tirol ließ der geognostisch-montanistische Verein eine vortreffliche Karte von Tirol und Vorarlberg in großem Maßstab herstellen, die 1849 von schönen Profilen begleitet erschien und ein vortreffliches Bild der Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Gesteine lieferte. Zu einer genaueren Gliederung der einzelnen Formationen und namentlich des „Alpenkalks" fehlte es damals noch an der nöthigen Unterlage; nichtsdestoweniger hat diese ungemein fleißige Arbeit dauernden Werth.

Mit Begründung der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien im Jahre 1849 beginnt in Oesterreich eine Periode der lebhaftesten Thätigkeit und namentlich für die Erforschung der Alpen und Karpathen wurde Wien mehrere Dezennien hindurch die Centralstätte.

---

*) Haidinger Wilhelm v., geboren am 5. Februar 1795 bildete sich bei Mohs in Graz und Freiberg zum Mineralogen aus, lebte von 1822 bis 1826 in Edinburg, von 1827 bis 1840 als Theilnehmer einer Porzellanfabrik in Elbogen (Böhmen), wurde 1840 als Nachfolger von Mohs Sectionsrath im Ministerium für Landwirthschaft und Bergwesen und 1849 Director der neugegründeten k. k. geologischen Reichsanstalt; starb am 19. März 1871 in Dornbach bei Wien.

Mit glücklicher Hand wußte W. Haidinger, dessen Bemühungen die geologische Reichsanstalt ihr Dasein verdankt, eine Anzahl ausgezeichneter und enthusiastischer Forscher, wie Franz v. Hauer, Joh. Cezjzek*), Franz Fötterle, F. Hochstetter**), Lipold, C. Peters†) und Dionys Stur††) auszuwählen, denen sich später eine stattliche Anzahl österreichischer und deutscher Geologen (v. Richthofen, v. Andrian, Stache, Paul, Wolf, Stelzner, Zittel, Hertle, v. Mojsisovics, Tietze, Neumayr, Vacek, Bittner, Teller, Uhlig, Geyer u. A.) zugesellten, die theils dauernd in den Verband der geologischen Reichsanstalt eintraten, theils nur vorüber-

*) Johann Cezjzek, geboren 1806 zu Groß-Girna in Böhmen, erhielt seine Vorbildung in Leitomischl und Prag, widmete sich dem Bergfach, begann 1829 seine amtliche Thätigkeit in Přzibram, wurde 1835 nach Wien an die Centralstelle für Bergwesen versetzt und trat 1849 als Chefgeologe in den Verband der geologischen Reichsanstalt; starb 1855 zu Atzgersdorf bei Wien.

**) Hochstetter Ferdinand v., geboren am 30. April 1829 in Eßlingen (Württemberg) als Sohn des dortigen Professors und Stadtpfarrers, studierte in Tübingen anfänglich Theologie, später Naturwissenschaften und namentlich unter Quenstedt's Leitung Geologie. 1852 kam Hochstetter auf einer Studienreise nach Wien und trat 1853—1856 in den Verband der k. k. geologischen Reichsanstalt. Zwischen 1857 und 1859 machte er die Weltumseglung der Novara mit und verweilte sechs Monate in Neuseeland. Nach seiner Rückkehr wurde er 1860 Professor der Mineralogie und Geologie am Polytechnicum in Wien, bereiste die Türkei und den Ural, wurde 1872 Lehrer des Kronprinzen Rudolf und 1876 Intendant des k. k. naturhistorischen Museums. Starb am 18. Juli 1884.

†) Peters Karl, geboren 1825 zu Liebshausen (Böhmen) als Sohn eines Gutsdirectors und Enkel von Franz Ambros Reuß, studierte in Prag und Wien Medicin; wurde 1850 Professor an der landwirthschaftlichen Realschule in Graz, trat 1852 in den Verband der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien und war von 1855 bis 1861 Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität in Pest. Im Jahre 1864 bereiste P. die Dobrudscha und erhielt im gleichen Jahre die Professur für Mineralogie und Geologie in Graz; starb 1881 nach mehrjährigem Leiden an einer Rückenmarkslähmung.

††) Dionys Stur, geboren am 5. April 1827 zu Beczko in Oberungarn als Sohn eines Lehrers, studierte am evangelischen Gymnasium in Preßburg, am Polytechnicum in Wien und an der Bergschule in Schemnitz. 1849 wurde er von Haidinger an die geologische Reichsanstalt berufen, welcher er bis 1892 als Assistent, Chefgeologe, Vicedirector und zuletzt als Director angehörte. Er starb am 9. October 1893. Stur war einer der ausgezeichnetsten Aufnahmsgeologen der geologischen Reichsanstalt und hervorragend als Kenner der fossilen Pflanzen.

gehend an ihren Arbeiten theilnahmen.*) Im Sommer 1850 begannen die Aufnahmen und zwar gleichzeitig in den nordöstlichen Alpen und im Banat. Dieselben wurden in den folgenden Jahren auf das Gesammtgebiet der österreichischen Alpen ausgedehnt, 1853 Böhmen und bald darauf alle übrigen Kronländer in Angriff genommen. Es handelte sich zunächst um die Herstellung einer Uebersichtskarte der Gesammtmonarchie mit Benützung der Generalstabsblätter im Maßstabe von 1 : 75000 als topographische Grundlage. Die Blätter wurden mit der Hand coloriert und erst seit 1892 ist man probeweise zur Herausgabe einer von D. Stur zusammengestellten sechsblättrigen Karte der Umgebung von Wien in Farbendruck übergegangen. Bei den Aufnahmen im Feld wurden je nach den gegebenen Umständen Karten von bedeutend größerem Maßstab verwendet. Die Erforschung von Mähren und Schlesien hatte der Werner Verein übernommen und sich dabei die Mitwirkung von Kenngott, Heinrich, Melion, Zepharovich, Wolf u. A. gesichert. Auch in Steiermark setzte der dortige geognostisch-montanistische Verein seine geologischen Aufnahmen durch v. Morlot, Andrae, Rolle und Zollikofer fort. Im Jahre 1862 waren die Uebersichtsaufnahmen der geologischen Reichsanstalt beendigt, so daß v. Hauer beginnen konnte, eine neue Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie im Maßstab von 1 : 576000 zusammenzustellen, die 1872 nebst ihren Erläuterungen vollendet war. Durch diese Karte wurde zum erstenmal ein richtiges Bild von der geologischen Beschaffenheit Oesterreichs und von der Ausbildung und Gliederung der daselbst verbreiteten Formationen geschaffen. Ihr Erscheinen bildet ein wichtiges Ereigniß in der Entwickelung der Geologie Europas und gewährt namentlich über die Alpen und Karpathen höchst werthvolle Aufschlüsse. Abgesehen von den topographisch-geologischen Aufnahmen hat die geologische Reichsanstalt durch Herausgabe eines Jahrbuchs und monographischer Abhandlungen, sowie durch Gründung eines großartigen Museums die Geologie Oesterreichs in außerordentlicher Weise gefördert. Seit dem Jahr 1863 ist sie mit der Revision der älteren Blätter und mit detailierteren Untersuchungen beschäftigt, ihre Thätigkeit aber seit 1869 auf die im Reichsrath vertretenen Länder beschränkt, nachdem

*) Die Reichsanstalt wurde bis 1866 von ihrem Begründer W. Haidinger geleitet, ihm folgten als Directoren Franz v. Hauer (1866—1885), Dionys Stur (1885—1892) und seit 1892 Guido Stache.

Ungarn seine eigene Anstalt unter der Direction von J. Böckh erhalten hatte. Auch in Galizien veranlaßte der Landesausschuß neuerdings die Herausgabe eines geologischen Atlas von Galizien und ebenso werden in Böhmen vom „Comité für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung“ geologische Aufnahmen durchgeführt. Im Jahre 1898 erschien die erste Lieferung einer durch G. Stache veranlaßten geologischen Specialkarte der im Reichsrath vertretenen Königreiche und Länder der Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie im Maßstab von 1:75000, welche nach ihrer Vollendung in 341 Blättern ein Gesammtbild ihrer geologischen Verhältnisse in Farbendruck gewähren soll.

In **Italien** concentrierte sich die Thätigkeit der einheimischen und fremden Geologen zwischen 1820 und 1860 fast ganz auf die vulkanischen Districte, deren Literatur bereits früher (S. 398) erwähnt wurde. Das Studium der sedimentären Ablagerungen, mit Ausnahme einzelner besonders versteinerungsreicher Localitäten, wurde vernachlässigt und an topographisch-geologischen Untersuchungen von größeren Gebieten fehlte es ganz. Fr. Hoffmann's geognostische Beobachtungen, gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien zwischen 1830 bis 1832 blieben darum lange Zeit die Hauptquelle für die geologische Kenntniß von Italien und Sicilien. In den venetianischen Alpen befaßten sich Maraschini (1824) mit der Untersuchung der Provinz Vicenza, T. A. Catullo (seit 1813—1853) und Ach. di Zigno (seit 1846) mit den Sedimentärbildungen und deren Versteinerungen im Veroneser und Vicentinischen Gebiet. Die berühmte Abhandlung von Al. Brongniart über Ronca (1823) wurde für die Entwickelung der Tertiärformation bedeutungsvoll und auch H. G. Bronn's Untersuchungen über Italiens Tertiärgebilde (1831) gehören zu den hervorragenderen Publicationen der damaligen Zeit.

In Toscana erwarb sich Pilla*) durch seine Arbeiten über den Flysch oder Macigno Verdienste; von Savi und Meneghini**)

*) Pilla Leopoldo, geboren 1805 zu Venafro in der Provinz Terra di Lavoro, studierte in Neapel Naturwissenschaften, wurde Conservator des dortigen naturhistorischen Museums und später Professor der Geologie in Pisa; fiel als Mitglied des freiwilligen Studentencorps 1848 in der Schlacht von Curtatone.

**) Meneghini Giuseppe, geboren 1811 in Padua, war von 1834 bis 1839 Professor der Botanik, Physik und Chemie in Padua, wurde 1849 als Professor der Geologie und Mineralogie nach Pisa berufen; starb daselbst am 29. Januar 1889.

rührt eine stratigraphische und paläontologische Beschreibung von Toscana her (1851), worin der namentlich von Meneghini abgefaßte paläontologische Theil viel Neues bietet und zum erstenmal verschiedene Ablagerungen nach ihrer stratigraphischen Stellung genauer bestimmt. Im nämlichen Werk finden sich auch von Spada einige Bemerkungen über die Zusammensetzung der Centralapenninen, die später von Spada, Orsini und Zittel (1869) genauer untersucht wurden. In Piemont waren vorzüglich Gastaldi und Sismonda, in Ligurien Collegno und Pareto thätig. Von Collegno rührt (1844) die erste kleine geologische Uebersichtskarte von Italien, von Sismonda aus demselben Jahr eine geologische Karte des Königreichs Sardinien her. Eine treffliche geologisch-paläontologische Beschreibung der Insel Sardinien verdankt man de la Marmora und Meneghini (1857 und 1860). In den lombardischen Alpen entfalteten G. Curioni seit 1845 u. A., Stoppani*) seit 1856 eine ungemein rührige Thätigkeit und trugen wesentlich zur stratigraphischen und paläontologischen Erschließung der Südalpen bei. Capellini in Bologna erwarb sich Verdienste um die geologische Kenntniß des nördlichen Apennin, Ponzi um die Erforschung der römischen Campagna, G. G. Gemmellaro und Seguenza um die Stratigraphie und Paläontologie von Sicilien und Calabrien.

Seit 1868 besitzt auch das Königreich Italien eine geologische Landesanstalt, deren Sitz sich ursprünglich in Florenz befand, seit 1873 aber nach Rom verlegt ist. Sie untersteht einem aus Universitätsprofessoren und Bergingenieuren zusammengesetzten Ausschuß unter dem Präsidium von Meneghini und nach dessen Tod unter Capellini. Die thatsächliche Leitung der Aufnahmen hatte anfänglich Cocchi, später Giordano, jetzt Pellati. Die systematischen Detailaufnahmen wurden 1873 in Sicilien begonnen, dann auf die Apuanischen Alpen, die Romagna, Sardinien, Calabrien und andere Theile Italiens ausgedehnt. Zur Veröffentlichung verwendet man eine topographische Unterlage im Maßstab von 1:100000 (Sicilien,

*) Stoppani Antonio, geboren 1824 zu Lecco, studierte Theologie, betheiligte sich 1848 am Krieg gegen Oesterreich, ertheilte mehrere Jahre hindurch Privatunterricht, wurde 1862 Professor der Geologie an der technischen Hochschule in Mailand, von 1877 bis 1882 Professor am Istituto superiore in Florenz, kehrte aber 1882 in seine frühere Stellung in Mailand zurück und wurde zugleich Director des städtischen naturhistorischen Museums; starb 1891.

Calabrien, Umgebung von Rom), theilweise aber auch Generalstabskarten in doppelter Größe (Elba, Theile von Sardinien, Apuanische Alpen). Eine Uebersichtskarte von ganz Italien (1:1100000) wurde 1881, größere Uebersichtsblätter (1:500000) von Sicilien und Calabrien 1886 und 1894 herausgegeben. Erläuterungen zu diesen Karten finden sich in dem Bulletin und den Abhandlungen des Comitato geologico.

Spanien und **Portugal** waren in geologischer Hinsicht lange hinter den übrigen europäischen Staaten zurückgeblieben. Was über den geologischen Bau der iberischen Halbinsel bis über die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts bekannt war, verdankt man zumeist Reisenden der verschiedensten Nationalitäten, wie v. Eschwege (1816—1833), Hausmann (1831), Bordin (1830), Sharpe u. A., die mehr oder weniger flüchtige Beobachtungen veröffentlichten. Eine der verdienstlichsten Specialarbeiten ist die geologische Beschreibung von Asturien von G. Schulz (1835). Ein erstes Uebersichtskärtchen von Spanien rührt von Esquera del Bayo her (1845 u. 1850). Im Jahre 1849 begannen de Verneuil und Collomb ihre bis 1861 ausgedehnten Untersuchungen über Spanien und Portugal, deren Resultate 1864 in einer schönen geologischen Uebersichtskarte der iberischen Halbinsel (1:1500000) zur Anschauung gelangten. Von 1850 an erscheinen einheimische Namen, wie Casiano di Prado, Vilanova, Ribeiro, in der iberischen Literatur, und 1849 wurde in Spanien eine geologische Commission ins Leben gerufen, die jedoch erst 1872 unter Fern. de Castro, später unter Cortázar ihre Thätigkeit begann und bereits über 60 Blätter einer geologischen Karte im Maßstab von 1:400000 vollendet hat. Große Verdienste um die Erforschung der Provinzen Asturien und Galizien hat sich Ch. Barrois[45]) erworben. Portugal erhielt unter C. Ribeiro, später unter J. F. N. Delgado eine geologische Anstalt, welche 1876 eine Uebersichtskarte des ganzen Landes im Maßstabe von 1:500000, sowie eine stattliche Anzahl werthvoller Abhandlungen und Monographieen veröffentlichte.

Die **skandinavischen Länder** haben in wissenschaftlicher Hinsicht von jeher mit den vorgeschrittensten Nationen Europas gewetteifert. Namentlich Schweden weist schon im vorigen Jahrhundert eine Reihe von Namen auf, wie Linné, Celsius, Cronstedt, Torbern Bergman, Tilas, Hermelin und Hisinger, welche in der Geschichte der

Geologie einen rühmlichen Platz behaupten. Ihnen schlossen sich in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts der Lapplandforscher G. Wahlenberg (1780—1851), der vielseitige, um die Geologie und Paläontologie Schonens hochverdiente Sven Nilsson (1787—1883), die Paläontologen J. W. Dalman (1787—1828), P. Angelin (1805—1876), Sven Lovèn (1809—1895), G. Lindström und der Glacialforscher Sefström (1787—1845) würdig an. Die systematische Untersuchung Schwedens begann 1858 mit der Begründung einer geologischen Anstalt, welche bis 1869 von Axel Erdmann, dann von Otto Torell, dem Erforscher Spitzbergens und berühmten Glacialgeologen, und seit 1897 von A. E. Törnebohm geleitet wird. Man publiciert in Schweden über die stärker bevölkerten Theile des Landes prächtig ausgeführte Specialkarten im Maßstab von 1 : 50000, über die gebirgigen Gebiete solche im Maßstab von 1 : 100000; seit 1897 werden neben den eigentlichen geologischen auch Bodenkarten herausgegeben, auf denen die Oberflächengebilde sehr sorgfältige Darstellung finden.

An der geologischen Erforschung von Norwegen gebührt den Deutschen Leop. v. Buch, Hausmann und C. F. Naumann und dem Franzosen Durocher ein bedeutender Antheil. Unter den einheimischen Geologen sind als die ersten der Werner-Schüler J. Esmarch und sein Nachfolger B. M. Keilhau zu nennen. Keilhau hat namentlich im südlichen Norwegen eingehende Studien gemacht und in seiner Gaea Norvegica (1850) die erste zusammenfassende geologische Beschreibung Norwegens geliefert. Mit den schönen Arbeiten des geistvollen Th. Kjerulf*) beginnt eine neue Aera für die Geologie in Norwegen. Von ihm wurde eine systematische Untersuchung des ganzen Landes beantragt und von Kjerulf und seinem Arbeitsgenossen Tellef Dahll Uebersichtskarten im Maßstab von 1 : 1000000 und 1 : 400000 veröffentlicht, welche den geologischen Bau Norwegens im Lichte der modernen Wissenschaft darstellen. Gegenwärtig ist H. Reusch Leiter der geologischen Landesuntersuchung Norwegens.

In ähnlicher Weise wie in Schweden werden auch in Dänemark und Finland geologische Karten hergestellt.

An der geologischen Erforschung **Rußlands** betheiligten sich bis über die Hälfte dieses Jahrhunderts hinaus vorzugsweise auswärtige

*) Kjerulf Theodor, geboren 1825 in Christiania, widmete sich dem Bergfach und vollendete seine Studien in Bonn und Heidelberg; wurde 1858 Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Christiania; starb 1888.

oder aus den baltischen Provinzen stammende Gelehrte. Nachdem Pallas, Razumowsky, Strangways und v. Engelhard die erste Grundlage einer russischen Geologie geschaffen hatten, begannen fast gleichzeitig Ch. Pander (1830), E. Eichwald (1830), G. Pusch (1830), Fischer v. Waldheim*) (1830—1837) und Kutorga (1835 ihre Untersuchungen über das nördliche, westliche und centrale Rußland. Durch die Reisen von Ermann (1830), Al. v. Humboldt, Ehrenberg und Rose (1835) und v. Helmersen (1833 und 1835) wurden auch der Ural und Sibirien wenigstens in ihren Hauptgrundzügen bekannt. Ueber Südrußland, die Krim, den Kaukasus und Ararat berichteten Dubois de Montpéreux, Huot, Eichwald und Fr. Parrot. Das im Jahre 1845 erschienene große Reisewerk von Murchison, de Verneuil und v. Keyserling[46]) bildet einen Grundpfeiler für die topographische und stratigraphische Geologie Rußlands. Zwischen 1843 und 1858 veröffentlichte H. Abich seine fundamentalen Untersuchungen über den Kaukasus und das armenische Hochland, Hommaire de Hell (1845) die Ergebnisse seiner Reise nach der Krim und dem südlichen Rußland. In den Ostseeprovinzen klärten A. G. Schrenk (1853), Fr. Schmidt (1858 und 1859) und Grewingck (1855—1861) die Verhältnisse der paläozoischen Ablagerungen auf, in der Gegend von Moskau machte sich H. Trautschold seit 1860 um die Stratigraphie und Paläontologie der Jura- und Carbonbildungen verdient.

Seit 1884 besitzt auch Rußland eine staatliche geologische Anstalt in St. Petersburg (Comité géologique) unter der Direction von Alexander Karpinsky und von da an datiert ein geradezu großartiger Aufschwung der Geologie im russischen Reich. Die Aufnahmen wurden zuerst in den bergmännisch wichtigsten Gebieten in Angriff genommen und namentlich der Ural durch Karpinsky, Tschernitschew, Krotow, Krasnopolsky u. A., das Donetzbecken durch Tschernitschew und Lutugin, die Nachbarschaft von Moskau und die centralrussischen Kohlendistrikte durch Nikitin, v. Struve,

*) Fischer v. Waldheim Gotthelf, geboren 1771 zu Waldheim in Hessen, studierte in Leipzig Medicin, erhielt dann die Stelle eines Lehrers der Naturgeschichte an der Centralschule in Mainz, wurde 1804 als Professor der Naturgeschichte und Director des naturhistorischen Cabinets nach Moskau berufen und später als Staatsrath in den Adelsstand erhoben; er gründete die naturforschende Gesellschaft in Moskau und starb daselbst 1853.

Pavlow in musterhafter Weise erforscht. Im Kaukasus arbeiteten Simonowitsch, Löwinson-Lessing, Lebedinew, Karakasch u. A., in der Krim und Südrußland Golovinsky, Lagorio, Sintzow, Andrussow, Sokolow; in den Ostseeprovinzen Fr. Schmidt und Mickwitz. Schon im Jahre 1892 konnte das Comité géologique die erste größere geologische Uebersichtskarte des europäischen Rußlands im Maßstab von 1:2520000 herausgeben, welcher die schönen Detailkarten der Umgebung von Moskau und des Donetzbeckens im Maßstab von 1:43000 folgten. Bei Gelegenheit des internationalen Geologen-Congresses zu St. Petersburg im Jahre 1898 verfaßte das Comité géologique einen Führer für die über fast ganz Rußland ausgedehnten Excursionen, welcher zugleich eine dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft entsprechende geologische Beschreibung Rußlands bildet.

Die ersten zuverlässigen Nachrichten über die Geologie der **Balkanstaaten** stammen aus den dreißiger und vierziger Jahren. Das Prachtwerk der französischen Expedition nach Morea, worin Boblaye und Virlet[47]) die Geologie und Mineralogie übernommen hatten, bildet noch heute das wichtigste Fundamentalwerk über den Peloponnes und die angrenzenden Theile von Griechenland. Im Jahre 1840 veröffentlichte Ami Boué sein wichtiges Werk[48]) über die europäische Türkei, wodurch ein großes unbekanntes Gebiet der Wissenschaft zuerst erschlossen wurde. Fast gleichzeitig hatte auch der Franzose Viquesnel[49]) die Türkei bereist und über die Geologie von Thracien ein umfangreiches Werk geschrieben (1845), das vorzugsweise petrographische Beschreibungen enthält. Die spätere Erforschung der Balkanhalbinsel wurde zumeist durch österreichische, deutsche und französische Geologen durchgeführt. So veröffentlichte (1867) K. Peters seine musterhafte geologische Beschreibung der Dobrudscha mit Karte; 1869 machte Ferd. v. Hochstetter eine Reise durch die europäische Türkei, nach welcher er zum erstenmal eine genauere Darstellung des geologischen Baues des Balkan zu geben im Stande war. Seine geologische Karte der europäischen Türkei beruht theils auf eigenen Beobachtungen, theils auf denjenigen seiner Vorgänger. Seit 1875 hat sich Fr. Toula sehr eingehend mit der Geologie des Balkangebirges beschäftigt und eine Reihe von Abhandlungen und Karten darüber veröffentlicht. Ueber Bosnien und die Herzegowina ließ die Wiener geologische Reichsanstalt eine geologische Karte anfertigen.[50])

Ueber den centralen Balkan erschien 1886 eine Abhandlung von Zlatarski, über Nordbulgarien 1897 eine geologische Karte von Bontscheff. Griechenland und der ägäische Archipel wurden im Auftrag der Wiener Akademie zwischen 1874 und 1876 geologisch untersucht[51]) und zwar von M. Neumayr die Insel Kos, der thessalische Olymp und das mittlere Griechenland, von Burgerstein die Halbinsel Chalkidike, von Teller das südöstliche Thessalien und Euböa, von Al. Bittner Attika, Böotien, Lokris und Parnassos. In den letzten Jahren hat Philippson[52]) Griechenland nach allen Richtungen durchwandert und eine umfassende geographische und geologische Beschreibung dieses Landes mit Uebersichtskarte geliefert. Eine detaillierte geologische Aufnahme von Attika wurde 1883 im Auftrag der Berliner Akademie von R. Lepsius und Bücking begonnen und 1887 bis 1889 von Lepsius vollendet. Die Ergebnisse dieser wichtigen Untersuchungen wurden in einem prächtig ausgestatteten Werk mit geologischer Karte im Maßstab von 1:25000 im Jahre 1893 veröffentlicht.[53]) Eine geologische Karte von Attika von A. Gaudry begleitet dessen Monographie der Fauna von Pikermi. Die Gegend von Olympia wurde 1880 von Bücking untersucht. Ueber verschiedene griechische Inseln liegen mehr oder weniger eingehende Abhandlungen vor; so über Kreta von V. Raulin[54]), über Cypern von Alb. Gaudry[55]) und Bergeat, über Samos von Spratt und Nasse.

Rumänien besaß vorübergehend eine geologische Anstalt unter der Leitung von Stefanescu. Die im Maßstab von 1:171800 veröffentlichte Karte erstreckt sich über einen ansehnlichen Theil des Karpathenrandes und der Tiefebene, wurde jedoch nicht vollendet. Eine geologische Uebersichtskarte und Beschreibung von Rumänien veröffentlichte 1890 M. Draghicenu.

C. Die außereuropäischen Welttheile.

Unter den außereuropäischen Welttheilen nimmt, was geologische Thätigkeit betrifft, **Nordamerika** die erste Stelle ein. Allerdings beginnt eine zielbewußte Erforschung dieses Continentes erst im vierten Dezennium dieses Jahrhunderts, nachdem in Europa die topographische Geologie, die Formationslehre und Gesteinskunde bereits fest begründet waren. Nach dem ersten Versuche Maclure's, die geologischen Verhältnisse Nordamerikas in großen Zügen darzustellen (1809), folgten

eine Anzahl Abhandlungen von meist nur localem Interesse, wie die von Hitchcock über Connecticut und Vermont (1819 und 1823), von Pierce über New-York und Pennsylvanien (1823 und 1827), von Rensselaire über den Erie-Canal (1824), von Eaton über die Rocky-Mountains (1833), von Mather über Connecticut (1834). Das Verständniß der Amerikaner für die wirthschaftliche Bedeutung geologischer Untersuchungen gab sich seit Mitte der dreißiger Jahre durch die Errichtung staatlicher Anstalten nach dem Vorbild der englischen Geological Survey kund und zwar gingen die Neu-England-Staaten, Pennsylvanien, Nordcarolina, Virginien und Tennessee voran. Allerdings verfolgten diese Anstalten in erster Linie praktische Ziele und beschäftigten sich vorzugsweise mit der Erforschung von Distrikten, in denen Mineralschätze und sonstige für das wirthschaftliche Leben wichtige Fragen zu lösen waren. An eine einheitliche wissenschaftliche Aufnahme war unter diesen Verhältnissen um so weniger zu denken, als es meist auch an brauchbaren topographischen Karten fehlte. Die Gebrüder Rogers[56]), deren Untersuchungen sich über die Staaten Pennsylvanien, Virginien, Nordcarolina und New-Jersey erstreckten, gehören zu den hervorragendsten Begründern der amerikanischen Geologie. Ihr schönes erst 1868 veröffentlichtes Werk über Pennsylvanien[57]) enthält eine meisterhafte Darstellung des Aufbaues der Alleghanies. Neben der pennsylvanischen Anstalt, die nach Rogers zwischen 1851 bis 1858 von Lesley und Lesquereux und später von 1874 an nach längerer Unterbrechung wieder von Lesley und Stevenson geleitet wurde, nimmt New-York die erste Stelle ein. In diesem Staate begannen die officiellen Aufnahmen 1836 und zwar gleichzeitig in vier Sectionen unter der Direction von Mather, Ed. Emmons, Conrad und Vanuxem. Schon 1837 erhielt J. Hall die Leitung der vierten Section und später bis zu seinem Tod (1898) die der ganzen Geological Survey des Staates New-York. Die Berichte der New-Yorker Staatsgeologen füllen eine Anzahl stattlicher Bände und sind nicht nur für die Geologie und Paläontologie der östlichen Vereinigten Staaten, sondern auch für die Stratigraphie der paläozoischen Ablagerungen überhaupt von fundamentaler Bedeutung. Tennesse unter G. Troost (1835—1841), Maine unter Ch. T. Jackson (1836—1839), Ohio unter Mather (1836—1838), Kentucky unter Mather (1838—1839) und Dale Owen (1844—1857), Iowa unter D. Owen (1839—1852), New-Hampshire unter Ed. Hitchcock

und Jackson (1844) folgten dem Beispiel der leitenden Staaten Pennsylvanien und New-York und nach und nach errichteten die meisten Staaten der Union geologische Anstalten, die zwar Arbeiten von sehr verschiedenem Werth lieferten und auch je nach den politischen Strömungen öfters aufgehoben und wieder von neuem begründet wurden, aber immerhin eine Fülle von wichtigen Beobachtungen über die geologischen Verhältnisse Nordamerikas zusammentrugen. Zwischen 1854 und 1860 wurden die großen Bahnen nach dem fernen Westen projectiert und zu diesem Behufe in den damals fast unbekannten Territorien geologische Recognoscierungen vorgenommen. Auch die Expedition nach dem Coloradofluß unter J. C. Ives und Newberry (1857—1858) lieferte hochinteressante Ergebnisse und enthält die erste ausführliche Beschreibung des Gran Cañon von Colorado. Im Anfang der sechziger Jahre rief die Centralregierung der Vereinigten Staaten die Geological und Geographical Survey der Territorien unter F. V. Hayden ins Leben und dieser Anstalt verdankt man hauptsächlich die topographische und geologische Erforschung des Felsengebirges, des Yellowstoneparkes, sowie der westlichen Territorien und Staaten (Colorado, Neu-Mexico, Utah, Wyoming, Idaho) mit Ausnahme von Californien, wo seit 1861 eine eigene staatliche Anstalt unter J. D. Whitney thätig war. Die Hayden'sche Survey erlosch gegen Ende der siebziger Jahre. Neben derselben bestanden die Geological Exploration des 40. Parallelgrades unter Clarence King (1871—1878), die Survey des Felsengebirges unter J. W. Powell, die geographische Survey westlich vom 100. Meridian unter C. M. Wheeler. Die jetzige großartige geologische Survey der Vereinigten Staaten wurde 1879 unter Cl. King ins Leben gerufen; ihm folgte als Director Major Powell, der 1894 durch Ch. D. Walcott ersetzt wurde. Die Anstalt arbeitet mit einem großen Stab von Geologen, Paläontologen, Topographen, Chemikern und Hydrographen in verschiedenen Theilen der Vereinigten Staaten, vorzugsweise aber im fernen Westen. Sie bezweckt in erster Linie die geologische Untersuchung und Classificierung der Staatsländereien, der Mineralschätze und sonstiger werthvoller Bodenprodukte, daneben aber auch die Herstellung einer geologischen Karte der Vereinigten Staaten. Auch das Studium der Bewässerungsverhältnisse im Westen gehört neuerdings zu ihren Aufgaben. Ihre Jahresberichte und Monographieen enthalten werthvolle Beiträge zur Geologie, Paläontologie und Hydro-

graphie der Vereinigten Staaten; für die geologischen Karten stellt die Survey selbst eine topographische Grundlage im Maßstab von 1 : 125000 oder 1 : 62500 her. Außerdem veröffentlicht sie verschiedene Generalkarten von größeren Gebieten und von einzelnen Staaten (Massachusetts und Rhode-Island, New-Jersey, Connecticut, New-York). Geologische Uebersichtskarten der Vereinigten Staaten in verschiedenem Maßstab wurden von Ch. Lyell (1845), v. Buch (1853), J. Marcou (1853 und 1855), Hitchcock und Blake (1874) zusammengestellt; die größte darunter (Maßstab 20 Meilen : 1 Zoll) rührt von C. H. Hitchcock (1881) her. Eine 1892 von Mac Gee verfaßte kleine Uebersichtskarte zeigt die bedeutenden Fortschritte, welche die geologische Erforschung der Vereinigten Staaten seit 1881 gemacht hat.

Mit den Vereinigten Staaten hielt in Bezug auf geologische Landesforschung **Canada** gleichen Schritt. Eine staatliche Survey wurde 1841 für die gesammte naturhistorische Untersuchung der Colonie errichtet, aber erst nachdem Will. Logan*) die Direction derselben (1843) übernommen hatte, begannen die systematischen geologischen Aufnahmen, welche nach Logan's Rücktritt (1870—1893) von Selwyn und seitdem von G. M. Dawson geleitet werden. Die Anstalt ist nach dem Muster der englischen Geological Survey organisiert und hat bereits 1866 eine Uebersichtskarte von Canada im Maßstab von 1 : 1562500 und eine zweite im Maßstab von 1 : 2812500, sowie eine größere Anzahl detaillierterer Karten von verschiedenen Provinzen herausgegeben. Große Verdienste um die Geologie und Paläontologie Canadas hat sich neben der Survey auch William Dawson erworben.

Im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten und Canada ist die geologische Kenntniß von **Mexico** noch heute sehr beschränkt und hat seit Al. v. Humboldt nur geringe Fortschritte gemacht. Eine Anzahl Abhandlungen über metallreiche Bergwerksdistrikte, über Vulkane und einige bei flüchtigen Reisen gesammelte Beobachtungen sind fast alles, was bis gegen 1890 über Mexico vorlag. Durch zwei deutsche Geologen J. Felix und H. Lenk wurde zuerst (1890—1898) eine

*) Logan William Edmond, geboren 1798 in Montreal, studierte in Edinburg; betheiligte sich an den geologischen Aufnahmen in Wales, wurde nach einer längeren Reise in Nordamerika 1843 Director der geologischen Anstalt von Canada; trat 1869 zurück und starb unvermählt 1875 in Schloß Malgwyn, Wales.

übersichtliche Darstellung der Geologie von Mexiko und eine eingehendere Beschreibung der Provinzen Oaxaca und Puebla geliefert. Die gewaltigen Vulkane des Hochplateaus und die dasselbe zusammensetzenden Gesteine, sowie die Sedimentbildungen der unteren Kreide mit ihren Versteinerungen sind ziemlich ausführlich geschildert: einen genügenden Einblick in den Bau dieses großen und interessanten Landes gewähren jedoch auch die Arbeiten von Felix und Lenk nicht, so daß der seit einigen Jahren bestehenden geologischen Anstalt in Mexico unter der Leitung von Aguilera noch große Aufgaben vorbehalten sind. Ueber die Republiken Guatemala und San Salvador haben Dollfuß und Montserrat (1868) eine geologische Karte und Beschreibung veröffentlicht und seit 1890 hat Carl Sapper die Republiken Guatemala, San Salvador und Honduras nach allen Richtungen durchwandert, eine geologische Karte angefertigt und die weite Verbreitung von krystallinischen Schiefern, Carbon- und Kreideablagerungen daselbst nachgewiesen. Ueber Costarica und den Isthmus von Panama liegen die älteren Schilderungen von M. Wagner und Scherzer, sowie aus neuester Zeit eine Reihe von geologischen Specialuntersuchungen von Seebach, Hill u. A. vor. Unter den westindischen Inseln sind Jamaica, Trinidad und Barbados am besten, Cuba und Haiti wohl am ungenügendsten in geologischer Hinsicht erforscht. Das wichtigste Werk über die physikalische und geologische Beschaffenheit der Insel Cuba von Ramon de la Sagra stammt aus dem Jahre 1843, neuere Arbeiten verdankt man F. de Castro (1871) und Salterain (1870).

Ueber den geologischen Bau von **Südamerika** und insbesondere der nördlichen und nordwestlichen Theile dieses Continentes veröffentlichte Al. v. Humboldt die ersten grundlegenden Beobachtungen; dieselben wurden in den Staaten Columbia, Venezuela und Ecuador wesentlich ergänzt durch Hermann Karsten[58]), in Britisch-Guiana durch J. G. Sawkins[59]) (1871) und Ch. Brown (1870). Ueber Brasilien entwarf v. Eschwege das erste, allerdings noch recht unvollkommene geologische Gemälde (1822) und auch die Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens von dem Oesterreicher Pohl (1832) beruhen auf flüchtigen Reiseeindrücken. Das wichtigste ältere Werk über die Geologie von Südamerika hat den berühmten französischen Paläontologen Alcide d'Orbigny[60]) zum Verfasser, welcher zwischen 1826 und 1833 Brasilien, Uruguay, Argentinien, Patagonien, Bolivien,

Chile und Peru bereiste und 1842 seine geologischen und paläontologischen Resultate mit geologischen Karten von Argentinien, Patagonien und Bolivia in einem reich ausgestatteten Werk veröffentlichte. Von Wichtigkeit, namentlich für die Geologie und Paläontologie von Patagonien und Chile, sind auch Ch. Darwin's[61]) Beobachtungen in Südamerika (1846). Auf einer geologischen Uebersichtskarte von Südamerika suchte Fr. Fötterle (1856) alle bis dahin bekannten Thatsachen zu veranschaulichen. Dem besten Kenner Argentiniens, Herm. Burmeister, verdankt man eine physische und geologische Beschreibung dieser Republik (1876) nebst einer geologischen Karte, die theilweise auf den Untersuchungen von A. Stelzner beruht. Die neuesten geologischen Forschungen von Brackenbusch, Bodenbender, Burckhart u. A. verbreiten Licht über die argentinischen Cordilleren, während Burmeister, Flor. Ameghino und Moreno vorzugsweise den paläontologischen Schätzen der Pampasformation und der Tertiärbildungen in Patagonien ihre Aufmerksamkeit schenkten. Die geologischen Verhältnisse von Brasilien wurden in neuerer Zeit von den Amerikanern Ch. Fr. Hartt[62]) (1870), Rathbun (1872) und Orville A. Derby untersucht. Von Derby werden gegenwärtig staatliche Aufnahmen zum Behufe einer geologischen Karte Brasiliens ausgeführt. Ueber Chile veröffentlichte Domeyko (1846) die erste geologische Uebersichtskarte; eine weit größere im Maßstabe von 1:250000 im Auftrag der chilenischen Regierung (1873) von A. Pissis herausgegebene geologische Karte nebst einer Reihe Abhandlungen desselben Verfassers[63]) bilden die werthvollste Grundlage für die Geologie dieser Republik. Die jurassischen und cretaceischen Bildungen und Versteinerungen in den chilenischen und bolivianischen Anden wurden in neuerer Zeit von Stelzner, Gottsche, Steinmann u. A., die tertiären von R. A. Philippi[64]) bearbeitet. Um die Geologie von Peru und Bolivia haben sich David Forbes (1861), Fr. Toula (1869), Crosnier (1882), Th. Wolf, Reiß, A. Stübel u. A. verdient gemacht. Zwischen 1882 und 1884 bereiste G. Steinmann einen Theil von Argentinien, das südliche Patagonien, Chile und Bolivia und veröffentlichte darüber in Gemeinschaft mit mehreren Mitarbeitern eine Reihe werthvoller geologischer und paläontologischer Abhandlungen.

Die Inseln des **pacifischen Ozeans** wurden zuerst von Ch. Darwin[65]) (1844) und bald darauf von J. Dana[66]) (1849) beschrieben.

Von Dana besitzt man eine vortreffliche Schilderung der Sandwichinseln; Darwin und nach ihm Th. Wolf, G. Baur, Al. Agassiz besuchten die Galapagosinseln. Ueber die Geologie von Neu-Seeland verdankt man v. Hochstetter[67]) grundlegende Untersuchungen, die theils in einem besonderen Werk (1863), theils in den Berichten über die Novaraexpedition (1864) veröffentlicht wurden. Haast, Hector und Hutton haben die geologische Erforschung Neuseelands fortgesetzt und gegenwärtig besteht in Canterbury eine staatliche Anstalt, welche sich mit geologischen Aufnahmen befaßt.

Ueber **Australien** und zwar über Neu-Süd-Wales und Tasmanien veröffentlichten Graf Strzelecki[68]) (1845), B. Jukes[69]) (1850), W. B. Clarke[70]) und J. E. Woods[71]) (1862) die ersten genaueren geologischen Nachrichten; auch die von Girard (1855) herausgegebenen Aufzeichnungen des im Innern von Australien verunglückten Deutschen L. Leichhardt[72]) sind nicht ohne Interesse. Gegenwärtig gibt es in Neu-Süd-Wales, in Südaustralien, in Victoria und in Westaustralien staatliche geologische Anstalten, welche vortreffliche Specialkarten und Abhandlungen geologischen und paläontologischen Inhaltes veröffentlichen, so daß ein ansehnlicher Theil des australischen Continents, mit Ausschluß der centralen Gebiete geologisch bekannt ist.

Eingehendere geologische Forschungen in **Ost- und Südasien** existieren erst seit Mitte dieses Jahrhunderts. Es fehlt zwar nicht an Reiseberichten und kleineren Abhandlungen geologischen und paläontologischen Inhaltes aus älterer Zeit, unter denen die prächtige Monographie von Falconer und Cautley über die fossilen Säugethiere der Sivalikschichten (1845) einen bleibenden Werth besitzt, allein erst im Jahre 1850 beginnt mit dem Eintritt von Th. Oldham*) in die im Jahre 1846 gegründete Ostindische geologische Survey in Calcutta für das südliche Asien die Periode der systematischen geologischen Specialuntersuchung. Mit einem kleinen Stab von tüchtigen Mitarbeitern, darunter die beiden Blanford's und Medlicott

---

*) Thomas Oldham, geboren 1816 in Dublin, wurde nach Vollendung seiner Studien Ingenieur in Edinburg und dort von Jameson in die Geologie eingeführt. Im Jahre 1839 trat er als Assistent in die geologische Survey von Irland ein, wurde 1846 Director derselben und 1850 als Leiter der in Calcutta begründeten geologischen Anstalt für Ostindien berufen. Er trat 1876 zurück und starb in Rugby 1878.

gelang es ihm, in zehn Jahren eine geologische Uebersichtskarte von Bengalen und Central-Indien zu vollenden. In dieses Jahrzehnt fällt auch die Veröffentlichung der wichtigen Monographie von d'Archiac und J. Haime[78]) über die Fauna der indischen Nummulitenformation. In den sechziger Jahren wurden die Untersuchungen der Survey auf den Himalaja und Tibet ausgedehnt, wobei sich der aus Oesterreich berufene F. Stoliczka*) besonders auszeichnete und die älteren Beobachtungen von Strachey, Theobald, der Gebrüder Schlagintweit u. A. wesentlich ergänzte und berichtigte. Eine stattliche Anzahl von Records und Memoirs enthalten Berichte über die Geologie von Ostindien und Burma. In den reich ausgestatteten Bänden der Palaeontologia Indica finden sich u. a. die wichtigen Monographieen von F. Stoliczka über die Kreidefauna von Südindien, von Ottokar Feistmantel, Oldham und Morris über die fossilen Pflanzen des Gondwana-Systems, von W. Waagen über die jurassischen Cephalopoden von Kach und über die Fossilien der Saltrange, von M. Duncan und P. Sladen über die tertiäre und obercretaceische Fauna des westlichen Indien, von R. Lydekker über die vortertiären und tertiären Wirbelthiere, von Fr. Nötling über die Jurafauna von Beludschistan und die obere Kreidefauna der Mari Hills, von Carl Diener über Trias-Cephalopoden des Himalaja und permische Fossilien. Im Jahre 1879 erschien das Handbuch der Geologie von Ostindien von W. T. Blanford und H. B. Medlicott mit einer geologischen Uebersichtskarte, die einen trefflichen Ueberblick über die Gesammtheit des geologischen Wissens über Indien gewährt. Eine zweite, etwas abgekürzte und in vielen Theilen vollständig umgearbeitete Auflage dieses Werkes wurde 1893 von R. D. Oldham herausgegeben und zeigt den bedeutenden, seit 1879 gemachten Fortschritt in der topographischen Geologie Ostindiens. Die geologische Anstalt wurde nach Th. Oldham's Rücktritt, kurze Zeit von W. King, dann von Medlicott und darauf von C. L. Griesbach geleitet.

---

*) Stoliczka Ferdinand, geboren 1838 in Kremsier (Mähren), trat nach Abschluß seiner Studien 1860 in den Verband der k. k. geologischen Reichsanstalt, wurde 1862 als Paläontologe an die ostindische Geological Survey nach Calcutta berufen, machte Reisen nach dem Himalaja, Tibet und Kach und schloß sich 1874 einer Expedition nach Yarkand und Kaschgar an; starb während der Reise in Tibet an Menengitis.

Nächst Ostindien ist unter den asiatischen Ländern **Japan** geologisch am besten bekannt, obwohl hier die geologische Erforschung erst mit dem Jahre 1873 durch den Amerikaner B. S. Lyman eröffnet wurde, welcher unter Mitwirkung einer Anzahl japanischer Studierender die Insel Jesso untersuchte. Eine planmäßige topographische und geologische Aufnahme des japanischen Reichs wurde durch den Deutschen Ed. Naumann im Jahre 1879 eingeleitet. Naumann wirkte bis 1882 als Director der kaiserlich geologischen Anstalt von Japan und vollendete während seines Aufenthaltes in Japan eine topographische und geologische Karte des ganzen Landes. Von 1882 bis 1893 leitete Wada, seit 1893 Kochibe die japanischen geologischen Aufnahmen. Das benachbarte Korea wurde von Naumann's Nachfolger an der Universität Tokio, K. Gottsche, geologisch untersucht.

Aus **China** waren zwischen 1844 und 1860 lediglich eine Anzahl paläozoischer Brachiopoden und Cephalopoden, einige Säugethierreste und fossile Pflanzen beschrieben worden, die zufällig nach Europa oder Nordamerika gelangt waren. In den Jahren 1863 und 1864 bereiste Raphael Pumpelly das nördliche China und die Mongolei und machte zuerst auf die bedeutende Verbreitung von Steinkohlenlagern mesozoischen Alters aufmerksam. Seine allerdings sehr hypothetische geologische Uebersichtskarte von China gewährt wenigstens über die nördlichen Provinzen einigen Aufschluß. Das Gebiet des unteren Yang-tse-Kiang wurde von Kingsmill untersucht. Wirkliche Klarheit über den geologischen Bau des chinesischen Reichs wurde erst durch Ferd. v. Richthofen[74]) gewonnen, welcher zwischen 1868 und 1872 einen ansehnlichen Theil von China kennen lernte und die Ergebnisse seiner Beobachtungen (1877—1885) in einem großen Werk niederlegte, wovon der zweite Band die Geologie, der vierte die Paläontologie enthält. Das prächtig ausgestattete, von einem großen topographischen und geologischen Atlas begleitete Werk wird für alle Zeiten die Grundlage der Geologie von China bilden. Allerdings sind bis heute ausgedehnte Distrikte, namentlich im Süden und Südwesten des Reichs noch von keinem Geologen betreten. Die Reise des ungarischen Grafen Széchenyi, welchen v. Loczy als Geologe begleitete, hat über das westliche und mittlere China mancherlei neue Thatsachen geliefert (1897 und 1899).

Eine Terra incognita war bis in die neueste Zeit **Centralasien.** Erst durch die von Rußland ausgerüsteten Expeditionen, bei denen sich

als Geologen insbesondere Muschketoff[75]) und G. Romanowski[76]) auszeichneten, sind in den drei letzten Jahrzehnten wenigstens die wichtigsten geologischen Verhältnisse dieses Gebietes ermittelt worden. Viel besser bekannt sind, dank der aufopfernden Bemühungen russischer Forscher, Sibirien und die Amurländer. Schon Pallas, Gmelin, Al. v. Humboldt und Rose verdankt man werthvolle Beobachtungen über die geologische Beschaffenheit des südlichen Sibirien und des Altai. Das schöne Reisewerk[77]) von P. Tchihatscheff (1845) enthält eine geologische Beschreibung des Altaigebirges und der angrenzenden Theile von Sibirien und China; dasselbe wurde 1871 durch eine Schilderung des Altai von B. v. Cotta[78]) ergänzt, worin namentlich die Gesteine und Erzlagerstätten besonders berücksichtigt sind. Das Petschoraland, den äußersten Norden und Osten von Sibirien bereiste zwischen 1842 und 1845 A. Th. v. Middendorff; die geologischen und paläontologischen Ergebnisse dieser Expedition sind von Graf Keyserling, Goeppert und Joh. Müller bearbeitet (1848); der Ural, die Kirgisensteppen und der Altai wurden vom Grafen v. Helmersen geologisch untersucht und geschildert (1843 und 1848). In neuerer Zeit besuchten Fr. Schmidt und Leop. v. Schrenck das nördliche Sibirien und veröffentlichten darüber (1872) einen werthvollen Bericht: ihnen folgten die Expeditionen von Czekanowski nach dem Lena und Oleneckgebiet (1876) und die von Bunge und von Toll nach Neu-Sibirien (1885—1887).

An der Erforschung der **Arktischen Länder** betheiligten sich Skandinaven, Deutsche, Russen, Engländer und Amerikaner und gegenwärtig sind wenigstens die Grundlinien ihrer Geologie festgestellt. Spitzbergen und die Bäreninseln wurden von den Schweden Nordenskiöld, Torell und Nathorst seit 1858 wiederholt besucht und nach allen Richtungen geologisch untersucht; über Grönland liegen schon seit 1813 mineralogische und geologische Beobachtungen von Giesecke und Johnstrup vor, die später durch O. Heer, Helland, Laube, Nordenskiöld, Nansen u. A. vervollständigt wurden. Ueber den amerikanischen arktischen Archipel veröffentlichte Haughton (1857) auf Grund der Ergebnisse der Mac Clintock'schen Expedition eine geologische Karte. In neuester Zeit ist auch Franz-Josefsland durch Payer und Nansen geologisch erschlossen worden.

Auf den **Sunda-Inseln,** namentlich auf Java und Sumatra haben die Vulkane schon frühzeitig das Interesse erregt und Ver-

anlassung zu den Arbeiten von L. Horner[79]) (1837), Junghuhn[80]) (1852—1854) und Stöhr gegeben. In neuerer Zeit sind eingehendere geologische Untersuchungen in Java, Sumatra, Timor, Celebes und Borneo namentlich durch Verbeek[81]), Martin und Wichmann[82]) durchgeführt worden. Beludschistan wurde von Griesbach, Persien von Dubois, Abich, Lord Loftus, Tietze[83]) u. A. theilweise erforscht und das von Buhse und Woskoboinikow im nördlichen Persien gesammelte Material durch Grewingk[84]) bearbeitet und zur Herstellung einer geologischen Karte verwerthet.

Sehr ungenügend bekannt ist die arabische Halbinsel, dagegen liegt über **Kleinasien** ein Werk von P. de Tchihatscheff[85]) vor (1853—1867), welches die physikalische Geographie, Geologie und Paläontologie dieses ausgedehnten Gebietes in musterhafter Weise schildert und die Ergebnisse der mehrjährigen Forschungsreisen des Autors in einer geologischen Karte veranschaulicht. Neuerdings sind im Auftrag der anatolischen Bahngesellschaft die nördlichen Theile Kleinasiens durch Ed. Naumann, die westlichen Provinzen im Auftrag der Wiener Akademie durch Tietze[86]) und Bukowski geologisch untersucht worden. Aeltere Beobachtungen über Theile von Kleinasien rühren von W. J. Hamilton[87]) (1843), Strickland[88]) (1837), Spratt, Edw. Forbes[89]) (1847) und Schlehan (1852) her. Die verhältnißmäßig am besten bekannten Theile von Vorderasien sind Syrien, Palästina und die Sinai-Halbinsel. Schon Russegger[90]) hatte in seinem großen Reisewerk (1835—1841) wichtige geologische Beobachtungen über diese Länder veröffentlicht und die amerikanische Expedition nach dem Todten Meer unter W. F. Lynch (1852) eine ansehnliche Sammlung von Versteinerungen mitgebracht, die durch Conrad bearbeitet, jedoch vielfach falsch gedeutet wurden. Erst durch Louis Lartet[91]), den Begleiter des Herzogs von Luynes, auf dessen Orientreise (1864) und insbesondere durch O. Fraas[92]), welcher zweimal (1864 und 1875) Palästina und Syrien besuchte, wurden die geologischen Verhältnisse dieser Länder aufgeklärt. In neuerer Zeit haben F. Nötling, C. Diener[93]) und M. Blanckenhorn[94]) die geologische und paläontologische Kenntniß von Syrien, Joh. Walther die der Sinaihalbinsel wesentlich gefördert.

Die geologische Erforschung von **Afrika** beginnt in Aegypten. Schon im Alterthum hatten die Nummuliten des Mokkatam und

die versteinerten Muscheln in der libyschen Wüste die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich gezogen und Veranlassung zu mancherlei Speculationen geboten. Die ersten wissenschaftlichen Aufschlüsse über die geologische Beschaffenheit Aegyptens gewährt der zweite Band der durch Kaiser Napoleon veranlaßten Description de l'Égypte (1824 bis 1826). Wichtiger als diese hauptsächlich von de Rozières herrührenden Beschreibungen sind die auf mehrjährigen Reisen zwischen 1815 und 1822 gemachten Beobachtungen von Cailliaud, ferner die Berichte von Ehrenberg über seine mit Graf Minutoli ausgeführte Reise nach der Ammons-Oase (1827) und vor allem das vortreffliche Reisewerk von Russegger[90]) (1841—1849), welches die erste geologische Karte von Aegypten und Nubien enthält. Abgesehen von einer Anzahl Abhandlungen über kleinere Gebiete oder fossile Ueberreste, stockte die geologische Forschung bis in die sechziger Jahre, in denen der Italiener Figari-Bey[95]) die Ergebnisse seiner Studien in Aegypten in einem umfangreichen Werk veröffentlichte, das zwar mit vielen Gebrechen behaftet ist und eine mangelhafte Kenntniß der Stratigraphie und Paläontologie verräth, aber immerhin eine Menge werthvoller Detailbeobachtungen über bis dahin gänzlich unbekannte Gegenden enthält und von einer geologischen Karte in großem Maßstab begleitet ist. Eine wichtige Bereicherung der geologischen Kenntniß Aegyptens brachte das durch lebendige Darstellung und Reichthum zuverlässiger Beobachtungen ausgezeichnete Buch von O. Fraas[92]) „Aus dem Orient" (1867). Im Winter 1873/74 fand die Rohlfs'sche Expedition in die libysche Wüste statt, deren geologische und paläontologische Ergebnisse von Zittel[96]) unter Mitwirkung einer Anzahl Specialisten in einem größeren, noch nicht vollendeten Werk (1883) veröffentlicht wurden. Dasselbe gewährt namentlich über die Tertiär- und Kreidebildungen neue Aufschlüsse und enthält eine geologische Karte des mittleren Aegyptens und der libyschen Wüste. In neuester Zeit haben sich G. Schweinfurth, K. Mayer, Sickenberger, Walther u. A. um die geologische Kenntniß Aegyptens verdient gemacht, und seit 1896 existiert unter Capitän Lyons eine geologische Survey für Aegypten. Die südlichen Theile Aegyptens, Nubien, Kordofan und Abessynien sind verhältnißmäßig wenig bekannt. Ueber Abessynien existiert eine geologische Beschreibung von W. T. Blanford[97]) (1870). Ueber die große Sahara, südlich von Tripolis, veröffentlichten G. Rose und E. Beyrich[98]) die von Overweg,

dem in Bornu verstorbenen Reisegefährten Heinr. Barth's, gemachten geologischen Beobachtungen (1851 und 1852), welche später durch Batonne[99]), Roche, Erw. v. Bary, Rohlfs[100]) und Rolland[101]) ergänzt wurden. **Tunis** wurde in neuester Zeit durch französische Forscher und namentlich durch Rolland[101]), Dru[102]) und Aubert untersucht. In **Algier** folgte die wissenschaftliche Erforschung des Landes unmittelbar der Occupation durch die Franzosen. Ueberall begleitete dort der Geologe den Soldaten. Im Jahre 1842 erschienen die ersten Abhandlungen von Ville[103]), welcher sich dreißig Jahre lang mit der geologischen Erforschung der Provinzen Algier, Constantine und der Wüste beschäftigte. H. Coquand besuchte 1847 das nördliche Marokko und 1851 die Provinz Constantine. Die beiden Werke von Coquand über die Stratigraphie und Paläontologie der Provinz Constantine[104]) (1854 und 1862) sind grundlegend. Renou[105]) und Fournel suchten schon 1845 ein auf unzureichender Basis beruhendes Gesammtgemälde der geologischen Verhältnisse Algeriens zu entwerfen, das jedoch erst durch die langjährigen Untersuchungen von Brossard, Coquand, Tissot, Peron, Pomel, Pouyanne u. A. richtiggestellt wurde. Von den zwei letztgenannten Forschern erschien im Jahre 1881 eine geologische Uebersichtskarte von ganz Algerien im Maßstab von 1 : 800000, an welche sich eine Karte von Tunis von Aubert anschließt. Gegenwärtig existiert in Algier unter der Direction von Pouyanne und Ficheur eine geologische Commission, welche sich mit der Specialuntersuchung Algeriens beschäftigt und Karten im Maßstabe von 1 : 50000 veröffentlicht.

Sehr wenig bekannt ist **Marokko.** Abgesehen von flüchtigen Reiseberichten von Coquand, Pomel, Bleicher, Maw, v. Fritsch[106]) u. A. finden sich nur in den Reiseberichten von Lenz[107]) genauere Angaben über den südlichen und östlichen Theil dieses schwer zugänglichen Reichs. Lenz hat auf seiner Reise von Marokko nach Timbuktu auch werthvolle Beobachtungen über die Geologie der westlichen Sahara gemacht; die Küstengebiete von Senegambien sind von französischen, das Kongogebiet von den belgischen Geologen Ed. Dupont und Cornet, Togo und Kamerun von Dusén, Knochenhauer, Passarge und Weißenborn geologisch recognosciert. In Loando hatte Herm. v. Barth mit geologischen Untersuchungen begonnen, fiel jedoch noch vor ihrer Vollendung dem Klima zum Opfer. Ueber

Deutsch-Südwestafrika liegt bereits eine ziemlich stattliche Literatur vor, aus welcher die geologischen Arbeiten von G. Gürich, Pechuel-Loesche, A. Schenk und F. M. Stapff hervorgehoben zu werden verdienen. Die geologischen Verhältnisse von Südafrika wurden vorzüglich von Bain, Dunn, v. Hochstetter, Sutherland, Stow, Griesbach u. A. aufgeklärt. Seit 1895 befindet sich in der Capstadt eine geologische Anstalt und auch in Transvaal existiert eine solche seit 1897 unter G. A. F. Molengraaf. Ueber Ostafrika verbreitete die von der Decken'sche Expedition (1863) zuerst einiges Licht; in neuester Zeit wetteifern Deutsche und Engländer miteinander in der Erforschung ihrer ostafrikanischen Kolonien. Was bis jetzt über die Geologie der deutschen Kolonien in Afrika bekannt ist, hat E. Stromer v. Reichenbach[108]) (1896) in einer fleißigen Arbeit zusammengestellt. Besser erforscht als der afrikanische Continent sind die dazu gehörigen Inseln. Insbesondere die canarischen Inseln, Madeira, die Azoren und Cap Verden erfreuten sich seit langem der Aufmerksamkeit hervorragender Geologen, wie L. v. Buch, Lyell, Cordier, Hartung, v. Fritsch, Reiß u. A. und auch Madagaskar ist durch Grandidier und Baron[109]) (1889) wenigstens in seinen Hauptumrissen geologisch bekannt.

Die geologische Erforschung der Erdoberfläche ist, wie aus der vorausgehenden Uebersicht erhellt, soweit vorgeschritten, daß nur mehr wenige Gebiete völlig unbekannt sind. Eine fast unübersehbare Fülle von Detailbeobachtungen ist in den Localbeschreibungen und geologischen Karten aller Länder und Welttheile niedergelegt und schon jetzt fehlt es nicht an Bausteinen zu einer vergleichenden topographischen Geologie, welche die Localbeobachtungen unter allgemeine Gesichtspunkte zu vereinigen und aus ihnen die Geschichte der Umgestaltung der Erdkruste im Verlauf der geologischen Perioden zu ermitteln hat.

Durch die Erforschung der übrigen Welttheile wurden die lediglich auf die Kenntniß von Mitteleuropa im Anfang dieses Jahrhunderts begründeten Anschauungen über Formationslehre, Tektonik und Gesteinskunde zwar in vielfacher Hinsicht ergänzt, aber nicht wesentlich umgestaltet. Es hat sich vielmehr gezeigt, daß der Aufbau der Erdkruste überall von denselben Gesetzen beherrscht ist. Allerdings ließ sich die für Mitteleuropa aufgestellte Gliederung der Sedimentärbildungen in vielen Fällen nicht unmittelbar auf entferntere Gegenden anwenden und es hat sich demgemäß die Formationslehre mit der

wachsenden Kenntniß vom geologischen Bau der Erdoberfläche in vieler Hinsicht umgestaltet. Dieser Entwickelungsproceß vollzog sich langsam und ist, wie im folgenden Abschnitt gezeigt werden soll, noch keineswegs vollständig abgeschlossen.

Anmerkungen zum 4. Kapitel der 4. Periode.

[1]) Conybeare. Annals of Philos. vol. V. 1823.

[2]) Boué Ami. Synoptische Darstellung der die Erdrinde ausmachenden Formazionen, in Leonhard, Zeitschrift für Mineralogie 1827. II.

[3]) Boué Ami. Bull. Soc. géol. Fr. 2 sér. t. I. p. 296.

[4]) Keferstein Chr. Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt mit Charten und Durchschnittszeichnungen. 6 Bände. Weimar 1821—1828.

[5]) Boué A. Geognostisches Gemälde von Deutschland mit Rücksicht auf die Gebirgsbeschaffenheit nachbarlicher Staaten, herausgegeben von C. C. v. Leonhard. Frankfurt a. M. 1829.

[6]) Giebel C. G. Gaea excursoria germanica. Deutschlands Geologie, Geognosie und Paläontologie, als Leitfaden bei Excursionen und zum Selbststudium. Leipzig 1848.

[7]) Cotta B. v. Deutschlands Boden, sein geologischer Bau und dessen Einwirkungen auf das Leben der Menschen. Leipzig 1854.

[8]) Völter O. Deutschland und die angrenzenden Länder. Eine orographisch-geognostische Skizze. Eßlingen 1857.

[9]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1876.

[10]) Richter R. Thüring'sche Graptolithen. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1853.

[11]) Hoffmann Fr. Beiträge zur genaueren Kenntniß der geognostischen Verhältnisse Norddeutschlands. 1. Theil. Geognostische Beschreibung des Herzogthums Magdeburg, Fürstenthums Halberstadt, und ihrer Nachbar-Länder. Berlin 1822.

[12]) Hausmann J. Fr. L. Uebersicht der jüngeren Flötzgebirge im Flußgebiete der Weser. Göttingen 1824.

[13]) Hoffmann Fr. Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse vom nordwestlichen Deutschland. Leipzig 1830.

[14]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1849. I. S. 115.

[15]) Göttinger gelehrter Anzeiger 1839.

[16]) Oeynhausen C. v. Versuch einer geognostischen Beschreibung von Oberschlesien und den nächst angrenzenden Gegenden von Polen, Galizien und Oesterreichisch-Schlesien. Nebst einer geognostischen Karte und drei Special-Abrissen. Essen 1822.

[17]) Pusch Georg Gottlieb. Geognostische Beschreibung von Polen und den übrigen Nordkarpathen-Ländern. Stuttgart 1833—1836 nebst geognostischer Uebersichtskarte.

[18]) Beyrich E. Ueber die Entwickelung des Flötzgebirges in Schlesien. Karsten's Archiv für Bergbau und Hüttenkunde 1845. Bd. 18. S. 1—86.

[19]) Boll E. Geognostische Skizze von Mecklenburg. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft. III. 1851.

[20]) Girard H. Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft. Bd. I. 1849.

[21]) Girard H. Die norddeutsche Ebene zwischen Elbe und Weichsel geognostisch dargestellt. Mit Karte und 2 Tafeln. Berlin 1855.

[22]) Volger G. H. O. Ueber die geognostischen Verhältnisse von Helgoland, Lüneburg, Segeberg, Läggedorf u. Elmshorn in Holstein und Schwarzenbeck im Lauenburgischen nebst vorangehender Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse des norddeutschen Tieflandes. Braunschweig 1846.

[23]) Wibel K. W. M. Die Insel Helgoland. Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart. Hamburg 1848. (Abhandlungen des naturwissenschaftl. Vereins in Hamburg.)

[24]) Geinitz Eugen. Die Flötzformationen Mecklenburgs mit geolog. Uebersichtskarte und 6 Tafeln. Archiv d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg 1883. Heft 37.

[25]) Stifft C. E. Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1831.

[26]) Klipstein A. Geognostische Darstellung des Großherzogthums Hessen, des k. preuß. Kreises Wetzlar und der angrenzenden Landestheile I. District zwischen der Dill und den Salzböden. Frankfurt a. M. 1854.

[27]) Oeynhausen C. v., Dechen H. v. und La Roche H. v. Geognostische Umrisse der Rheinländer zwischen Basel und Mainz, mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen des Steinsalzes. Essen 1825. 2 Bände.

[28]) Merian Peter. Beiträge zur Geognosie. Basel 1821 und 1831.

[29]) Bronn H. G. Gaea Heidelbergensis oder mineralogische Beschreibung der Gegend von Heidelberg. 1830.

[30]) Klipstein A. Gedrängte Uebersicht einer geognostischen Erforschung des Odenwaldes und einiger angrenzenden Gegenden. Darmstadt 1829. — Versuch einer geognostischen Darstellung des Kupferschiefergebirges der Wetterau und des Spessarts. Darmstadt 1830.

[31]) Mittheilungen der Großherz. Badischen geologischen Landesanstalt. Bd. I. Heidelberg 1890. 91. und Ergänzungen I. 1893. II. 1898.

[32]) Fromherz C. Geognostische Beschreibung des Schönbergs bei Freiburg. 1837. — Die Juraformation des Breisgau mit zwei Karten. 1838. — Ueber den Bradford- und Oxfordthon des Breisgau. N. Jahrb. f. Min. 1838. S. 17—29.

[33]) Heer Osw. Flora tertiaria Helvetiae. Winterthur 1855.

[34]) Heer Osw. Ueber die fossile Insektenfauna der Tertiärgebilde von Oeningen und Radoboj. I. 1847. II. 1849.

[35]) Meyer H. v. Fauna der Vorwelt. I. Fossile Säugetiere, Vögel und Reptilien aus dem Molasse-Mergel von Oeningen. Frankfurt 1845.

[36]) Schafhäutl Emil. Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges. 1851.

[37]) de la Beche H. T. Report on the Geology of Cornwall, Devon and West Somerset. London 1839. 8°.

[38]) Dufrenoy et Elie de Beaumont. Mémoires pour servir à une description géologique de la France. 4 vol. Paris 1830—1838. 8°. — Explication de la carte géologique de la France. 2 vol. Paris 1841—1848. 4°.

[39]) Deshayes P. Description des animaux sans vertèbres découverts dans le Bassin de Paris. 3 vol. Texte et 2 vol. Atlas. Paris 1857 á 1868.

[40]) Hébert Ed. Les mers anciens et leurs rivages. Paris 1857—61.

[41]) Belgrand E. La Seine. I. Le Bassin Parisien aux âges antehistoriques. 3 parties. Paris 1869. 4°.

[42]) Meunier Stanisl. Géologie des environs de Paris. Paris 1875.

[43]) Gosselet Jules. Esquisse géologique du Nord de la France. Lille 1881—1883. 5 fasc.

[44]) Mourlon M. Géologie de la Belgique. 2 vol. Bruxelles 1880—1881.

[45]) Barrois Ch. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galicie. Lille 1882.

[46]) Murchison Rod., de Verneuil, A. v. Keyserling. The Geology of Russia in Europe and the Ural mountains. 2 vol. London and Paris 1845.

[47]) Expédition scientifique de Morée. vol. II. Géologie et Minéralogie par P. de Boblaye et Th. Virlet. Paris 1833.

[48]) Boué Ami. Esquisse géologique de la Turquie d'Europe. Paris 1840.

[49]) Viquesnel A. Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe. Mém. Soc. géol. de Fr. Paris 1844. — Voyage dans la Turquie d'Europe. Description physique et géologique de la Thrace. Paris 1845.

[50]) Mojsisovics Ed. v., Tietze E. und Bittner Al. Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegowina. Mit geolog. Karte. Wien 1880.

[51]) Bittner A., Burgerstein L., Neumayr M., Teller Fr. Geologische Studien in den Küstenländern des griechischen Archipels. Denkschr. d. k. k. Akademie d. Wissenschaften Wien. Bd. 40. 1880.

[52]) Philippson A. Der Peloponnes. Versuch einer Landeskunde auf geolog. Grundlage. Berlin 1891—92. Mit geolog. Karte. — Reise in Nordgriechenland und Karte zur Pindos-Geologie. Berlin 1894/95.

[53]) Lepsius Rich. Geologie von Attika. Ein Beitrag zur Lehre vom Metamorphismus der Gesteine. Mit geolog. Karte in 9 Blättern. Berlin 1893.

[54]) Raulin V. Description physique de l'île de Crète. Bordeaux 1859.

[55]) Gaudry Alb. Géologie de l'Ile de Chypre avec carte géolog. et 2 planches. Paris 1862. 4°.

[56]) Rogers H. D. Report on the Geologycal Survey of the State New Jersey. Philadelphia 1836. — Annual Reports on the geological exploration of Pennsylvania 1836—1840.

[57]) Rogers Henry Darwin. The Geology of Pennsylvania. 2 vol. New York 1868.

58) Karsten Herm. Ueber die geognostischen Verhältnisse des westlichen Columbien. Wien 1858.

59) Sawkins J. G. Geological Observations in British Guyana. Quart. journ. geol. Soc. London 1871. XXVII.

60) d'Orbigny Alcide. Voyage dans l'Amérique méridionale. vol. III. Géologie. Paris et Strasbourg 1842. 4°.

61) Darwin Ch. Geological observations on South America. London 1846.

62) Hartt C. F. Geol. and phys. Geography of Brazil. Boston 1870.

63) Pissis A. Descript. topograf. y jéoloj. de la Prov. de Aconcagua (1858), Colchagua (1860) etc. An. Univ. Chile.

64) Philippi R. Die tertiären und quartären Versteinerungen Chiles. Leipzig 1887.

65) Darwin Ch. Geological Observations on the Volcanic Islands, visited during the voyage of H. M. S. Beagle. London 1844.

66) Dana J. Dw. in Wilke's Exploring Expedition Geology (1849.)

67) Hochstetter Ferd. v. Neu-Seeland. Stuttgart 1863. — Geologie von Neu-Seeland in Reise S. M. Fregatte Novara. Geolog. Theil I. 1864.

68) Strzelecki P. E. de. Physical description of New South Wales and Van Diemens Land with geological map. London 1850.

69) Jukes B. A sketch of the physical structure of Australia. London 1850.

70) Clarke W. B. On the sediment formations of New South Wales. 4th edition. Sidney 1878 with geol. map.

71) Woods J. E. Geological Observations in South Australia. London 1862.

72) Leichhardt L. Beiträge zur Geologie von Australien; herausgegeben von H. Girard. Halle 1855.

73) d'Archiac et Haime. Description des Animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde. Paris 1853. 4°.

74) Richthofen Ferd. v. China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien. Bd. 1. 2. 4. Berlin 1877—1882.

75) Muschketoff J. Les richesses minerales du Turkestan russe. Paris 1878.

76) Romanowski G. Materialien zur Geologie v. Turkestan I. Geolog. u. paläontolog. Uebersicht des nordwestlichen Thian-Schan u. der Niederung von Turan. Petersburg 1880.

77) Tchihatcheff P. de. Voyage scientifique dans l'Altaï oriental et les parties adjacentes de Chine. Paris 1845.

78) Cotta B. v. Der Altai, sein geologischer Bau und seine Erzlagerstätten. Leipzig 1871.

79) Horner L. Geologische Gestedtheit van den Vulkan Gedé op Java. Batavia 1837.

80) Junghuhn F. Java. Deszelfs gedaante, bekleeding en inwendige Structuur. Amsterdam 1850—1853.

81) Verbeek R. D. M. Description géologique de Java et Madoura. 2 vol. avec une carte géologique en 26 feuilles et. Amsterdam 1896.

82) Martin K. und Wichmann A. Beiträge zur Geologie Ostasiens und Australiens. Sammlungen des geologischen Reichs-Museums in Leiden. Leiden 1881—1889. Ser. I u. II.

83) Tietze Em. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien. Bd. 27—29. 1877—1879.

84) Grewinck Const. Die geognostischen und orographischen Verhältnisse des nördlichen Persiens. Verhandl. d. mineral. Ges. St. Petersburg 1852—53 mit Karte.

85) Tchihatcheff P. de. Géologie et Paléontologie de l'Asie mineure. 4 vol. avec carte géol. et Atlas de 21 planches. Paris 1867—1869.

86) Tietze Em. Geologie von Lykien. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien. Bd. 35. 1885.

87) Hamilton W. J. Reisen in Kleinasien, Pontus u. Armenien, nebst antiquarischen und geologischen Forschungen. Deutsch von Otto Schomburgk. 2 Bände. Leipzig 1843.

88) Strickland H. E. On the Geology of the Neighbourhood of Smyrna. Trans. Brit. Geol. Soc. London 1837.

89) Spratt and Forbes Edw. Travels in Lykia, Milyas and Cebryatis. 2 vol. London 1847.

90) Russegger Josef. Reisen in Europa, Asien u. Afrika, unternommen in den Jahren 1835—1841. Stuttgart 1841—1849. 4 Bände mit Atlas.

91) Lartet L. Essai sur la géologie de la Paléstine et des contrées avoisinantes. Annales des Sciences géol. 1869. I.

92) Fraas Oscar. Aus dem Orient I. Stuttgart 1867. II. 1878.

93) Diener Carl. Libanon. Grundlinien der physischen Geographie u. Geologie von Mittelsyrien. Wien 1886.

94) Blanckenhorn Max. Grundzüge der Geologie und physikalischen Geologie von Nord-Syrien. Berlin 1891. — Beiträge zur Geologie Syriens. Die Entwickelung des Kreidesystems in Mittel- und Nord-Syrien. Cassel 1890.

95) Figari-Bey Antonio. Studii scientifici sull' Egitto e sue adiacenze compresa la Peninsola dell'Arabia petrea con accompagnamento di carta geografica-geologica. Lucca 1864—65.

96) Zittel Karl A. v. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der libyschen Wüste und der angrenzenden Gebiete von Aegypten. Bd. I. Cassel 1883.

97) Blanford W. T. Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia. London 1870.

98) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft 1851. 1852.

99) Vatonne. Mission de Gladames. Rapports officiels 1863.

100) Kunth. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft 1866.

101) Rolland G. Mission Trans-Saharienne de Laghouat, El Goleah Ouargla etc. Assoc. Française p. l'académ. des Sciences. Reims 1880. — Géologie du Sahara Algérien et Aperçu géologique sur le Sahara atlantique à la mer rouge. Paris 1890.

[102]) Dru in Roudaire Rapport sur la dernière expédition des Chotts. Paris 1881.

[103]) Ville Voyage d'Exploration dans les Bassins du Hodna et du Sahara. Paris 1868. — Exploration géologique du Beni Mzab, du Sahara et des Steppes d'Algérie. Paris 1873.

[104]) Coquand H. Géologie et Paléontologie de la Region Sud de la Province de Constantine. Marseille 1862.

[105]) Rénou. Exploration scientifique d'Algérie. Géologie 1845.

[106]) v. Fritsch. Reisebilder aus Marokko. 3. Theil. Mittheilungen des Vereins für Naturkunde in Halle. 1879.

[107]) Lenz Oscar. Bericht über die Reise von Tanger nach Timbuktu und Senegambien. Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde. Berlin 1881.

[108]) Stromer v. Reichenbach. Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika. München 1896.

[109]) Baron R. On the geology of Madagascar. Quart. journ. geol. Soc. Bd. 45. 1889.

5. Kapitel.

Formationslehre (Stratigraphie).

A. Allgemeine Grundlagen.

Im Jahre 1762 hatte Füchsel für eine Reihenfolge unter gleichen Verhältnissen und unmittelbar nach einander gebildeten Schichten die Bezeichnung „Formation" vorgeschlagen. Dieser Begriff sollte somit sowohl die Art der Entstehung, als auch die Lagerung, zeitliche Aufeinanderfolge und das Alter eines Schichtencomplexes andeuten. Bei Werner erhält der Ausdruck Formation eine vorwiegend petrographisch-genetische Bedeutung. Alle Sandsteine, mögen sie noch so verschiedenes Alter haben, sind auf gleiche oder doch ähnliche Weise entstanden und werden darum zu einer Formation vereinigt, ebenso die Kalksteine, die Schiefergesteine, Porphyre ꝛc. Die Formationen können sich zu verschiedenen Zeiten wiederholen; mehrere derselben bilden Formationssuiten, die bestimmten, aufeinander folgenden Perioden in der Entstehung der Erdkruste entsprechen. Brongniart und Cuvier, sowie die meisten ihrer Zeitgenossen in Frankreich verbinden mit dem Ausdruck Formation lediglich einen genetischen Begriff und wollen damit nur die Art der Entstehung irgend eines Gesteins bezeichnen. Für einen Complex von Schichten, die einer bestimmten Epoche in der Erdgeschichte angehören, schlugen Bonnard, Al. Brongniart und C. Prévost die Bezeichnung Terrain vor. Bei de la Beche entspricht „Gruppe", bei Murchison „System" ungefähr dem, was Füchsel unter Formation begriffen hatte.

Werner und seine Schüler hatten in vier „Formationssuiten" geschichtete und krystallinische Massengesteine vereinigt, für alle eine

wässerige Entstehung angenommen und innerhalb der Formationssuiten auf eine speciellere chronologische Gliederung verzichtet. Die vulkanischen Gesteine bilden eine besondere Formationssuite von jugendlichem Alter. Später wurden den sedimentären Schichtgesteinen die eruptiven Massengesteine und sonstigen vulkanischen Produkte gegenüber gestellt und für erstere eine genaue chronologische Anordnung zu ermitteln gesucht. Werner legte auf die universelle Bedeutung seiner Formationssuiten großes Gewicht gelegt und seine Schüler betrachteten es als eine Hauptaufgabe, alle in den verschiedensten Ländern beobachteten Gesteine und Bildungen in das System einzufügen. Allein der erste Versuch einer auf zwei Hemisphären sich erstreckenden vergleichenden Geognosie von Al. v. Humboldt[1]) zeigte wenigstens für die Flötzformation die völlige Unzulänglichkeit der Werner'schen Methode, gleichaltrige Bildungen in verschiedenen Welttheilen wiederzuerkennen und richtig zu classificieren.

Humboldt verbindet mit dem Begriff einer Formation eine genetische, petrologische und chronologische Vorstellung. Die Formationen sind für ihn „Systeme mineralischer Massen, die in solcher Weise mit einander verbunden sind, daß man sie als gleichzeitig entstanden betrachten darf." Wie bei Werner werden sie wesentlich nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit charakterisiert und der Hauptsache nach auch in der von Werner eingehaltenen Reihenfolge beschrieben. Sehr ausführlich behandelt Humboldt die Urgebilde (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Serpentin, Urkalk, Urthonschiefer, Urquarzfels, Urporphyr nebst ihren Einlagerungen) und die Uebergangs-Gebilde Glimmerschiefer, Grauwacke, Thonschiefer, Grünstein, Porphyr rc.), deren Ausbildung und Verbreitung in Europa und Amerika geschildert wird. Weniger glücklich sind die Flötzgesteine (Steinkohlen, rother Sandstein, Zechstein oder Alpenkalk, Gyps, Steinsalz, Thon, Buntsandstein, Muschelkalk, Quadersandstein, Jurakalk, Eisenschüssiger Sandstein, Grünsand, Kreide) behandelt, denen als besondere Gruppe die jüngeren Tertiärgebilde gegenübergestellt werden. Die neueren vulkanischen Gesteine sind wie bei Werner gesondert besprochen, allein Humboldt bezeichnet diese Behandlungsweise selbst als wenig naturgemäß, da man die vulkanischen Produkte dadurch in einen künstlichen Gegensatz bringe zu gewissen alten Gesteinen, wie Porphyr und Granit, denen Werner mit Unrecht einen wässerigen Ursprung zugeschrieben hatte. Humboldt äußert sich nicht ausführlicher über

die Entstehung dieser Gesteine, neigt sich aber mehr der Hutton'schen Auffassung zu und hält die Hypothese einer wässerigen Entstehung weder für anwendbar auf Porphyr, noch auf Granit, Syenit, Gneiß, Euphotid und Jaspis. Die unzweifelhaft vulkanischen Gesteine werden nach ihrem Alter theils bei den Flötzgebilden, theils bei den jüngeren tertiären und modernen Gebilden eingereiht. Humboldt stellt den Werth der Versteinerungen als Mittel zur Erkennung und Altersbestimmung gewisser Gesteine nicht in Abrede, erachtet sie aber für unzureichend, um darauf eine sichere Chronologie der verschiedenen Formationen und Formationsglieder zu begründen; er hält sich darum wie Werner lieber an die Lagerungsverhältnisse und Gesteinsbeschaffenheit. Der Vorschlag, eine geognostische Zeichensprache (Pasigraphie) einzuführen, hat keinen Anklang gefunden und wurde von Humboldt selbst später nicht weiter verfolgt.

Im Jahre 1822 veröffentlichten Conybeare*) und Phillips ein Werk[2]), das zwar eine entschieden locale Färbung besitzt und sich in erster Linie mit den geologischen Verhältnissen in England und Wales beschäftigt, jedoch gleichzeitig ein ziemlich vollständiges Bild von dem damaligen Stand des geologischen Wissens der Sedimentärgesteine vom Alluvium abwärts bis zum Uebergangsgebirge bietet. Ein zweiter Band sollte die ältesten Formationen, die krystallinischen Massengesteine und die allgemeine Geologie behandeln, ist aber niemals erschienen. Das Werk enthält eine Anzahl sorgfältig gezeichneter und colorierter Profile und eine nach Greenough reducierte geologische Uebersichtskarte von England und Wales. Die beiden Autoren brachten das von W. Smith aufgestellte Princip, die Strata nach ihren Versteinerungen zu bestimmen, nicht nur für Großbritannien, sondern für die gesammte bekannte Erdoberfläche zur Geltung. In der Einleitung wird eine übersichtliche historische Skizze der Entwickelung der Geologie in Großbritannien vorausgeschickt. Die speciellere Betrachtung der Formationen beginnt mit einer ganz kurzen Schilderung des Alluviums und Diluviums, worauf dann eine ausführlichere Beschreibung der „Formationen über der Kreide" folgt. Unter den jetzt als Tertiär zusammengefaßten Ablagerungen unterscheiden Conybeare und Phillips

*) William Daniel Conybeare, geboren 1787 in Bishopsgate, studierte in Oxford, wurde wie seine Vorfahren Geistlicher und zuletzt Dekan von Llandaff; starb im August 1857.

auf Grund der Webster'schen und Buckland'schen Untersuchungen 1. Obere marine Formation (Crag und Bagshot Sand), 2. Süßwasserformation, 3. London clay und 4. Plastischer Thon. Zwischen Tertiär- und Oolithformation liegt die Kreideformation. Diese zerfällt in zwei Abtheilungen; eine obere, zusammengesetzt aus Kreide (Chalk) und eine untere, bestehend aus Chalk Marl, Grünsand, Wealdenthon und Eisensand. Für die Gliederung der Oolithformation lagen die Beobachtungen W. Smith's vor. Conybeare und Phillips unterscheiden hier vier Hauptabtheilungen:

A. Oberes Oolithsystem mit 1. Purbeck-Schichten, 2. Portland-Oolith und 3. Kimmeridge-Thon.

B. Mitteres Oolithsystem mit 1. Coralrag, 2. Oxford-Thon.

C Unteres Oolithsystem mit 1. Cornbrash, 2. Forest marble, 3. Stonesfield-Schiefer, 4. Groß-Oolith, 5. Unterer Oolith, 6. Marlstone.

D. Lias.

Zwischen der Oolith- und Steinkohlenformation liegt die Formation des Red Marl und New Red Sandstone und die des Magnesian limestone. Aus der erstern kannten Conybeare und Phillips noch keine Versteinerungen, vergleichen dieselbe aber richtig mit dem Buntsandstein auf dem Continent. Der Magnesian limestone von Sunderland, Durham und Northumberland wird auf Grund identischer Versteinerungen richtig als Aequivalent des Zechsteins und Kupferschiefers erkannt. Auch für das deutsche Rothliegende hatte Conybeare in den Conglomeraten von Devonshire ein entsprechendes Gebilde gefunden, während Raumer und Weaver den Old red Sandstone damit identificieren wollten. Sehr ausführlich ist schließlich die Steinkohlenformation beschrieben. Sie wird in vier Abtheilungen (Coal Measures, Millstone grit and Shales, Carboniferous Limestone und Old red Sandstone) zerlegt.

Conybeare und Phillips hatten in überzeugender Weise nachgewiesen, daß nur mit Hilfe der Versteinerungen die Grundlage für eine vergleichende Betrachtung der Sedimentärgesteine zu gewinnen sei, und wenn auch die versuchte Parallelisierung der englischen Sedimentärgesteine mit denen des Continentes vielfach unrichtig ist, so bekundet doch ihre Methode einen gewaltigen Fortschritt.

In Deutschland war nach dem Zusammenbruch des Werner'schen Systems ein gewisser Stillstand in der Geologie eingetreten. Nur langsam vermochte hier die paläontologische Methode in der

Formationslehre festen Fuß fassen. *Keferstein's* Tabellen über die vergleichende Geognosie (Halle 1825) sind zwar ziemlich stark von Conybeare und Phillips beeinflußt, schließen sich aber in den Grundanschauungen doch enger an die Werner'sche Auffassung und namentlich an Al. v. Humboldt an. Keferstein stellt die geschichteten oder neptunischen Formationen den massigen oder vulkanischen gegenüber und classificiert beide folgendermaßen:

Neptunische Formationen.	**Vulkanische Formationen.**
I. *Jüngstes Flötz- oder aufgeschwemmtes Gebirge.* (Bildungen der jetzigen oder unmittelbar nächsten Zeit.) Dammerde, Geschiebe, Torf, Lehm, Sand, Meerschlamm, Meerkalkstein, Meersandstein &c.	I. Lavagebirge.
II. *Tertiäre Flötzgebirge.* Postpaläotherische Mergelformation, Pariser Gypsformation, Grobkalkformation, Braunkohlenformation.	II. Basaltgebirge.
III. *Jüngeres Flötz- oder Kreidegebirge.* Kreideformation, Jurakalk- und Kreidemergelformation, Greensand- und Quadersandstein-Formation.	III. Trachitgebirge.
IV. *Mittleres Flötz- oder Muschelkalkgebirge.* Lias- oder schwarze Mergelformation, Keuper- oder bunte Mergelformation, Muschelkalkformation, Bunte Sandsteinformation, Zechstein- (oder Alpenkalkstein-) Formation, Rothe Sandsteinformation.	IV. Augitporphyrgebirge (?).
V. *Altes Flötz- oder Bergkalkgebirge.* Grit- oder Hauptsteinkohlenformation. Bergkalkformation.	V. Porphyrgebirge.
VI. *Ganggebirge.* Rothe Conglomeratformation, Grauwackenformation, Thonschieferformation, Glimmerschiefer- und Quarzfelsformation, Talkige Kalkformation, Gneusformation.	VI. Granit- und Syenitgebirge.

Die Tabellen liefern in gedrängter Form eine Uebersicht der Gesteine, aus denen jede Formation besteht, ferner Bemerkungen über die Mächtigkeit, den orographischen Charakter, die Mineralführung, den Erzreichthum und den Gehalt an Versteinerungen derselben. Mit besonderer Sorgfalt und ausgedehnter Literaturkenntniß wird die Verbreitung und das geographische Vorkommen der einzelnen Formationen in Europa und den übrigen Welttheilen erörtert. Obwohl die Tabellen noch viele Irrthümer enthalten und namentlich dem Jurakalk, dem Alpenkalk und den englischen mittel- und oberjurassischen Ablagerungen eine ganz falsche Stellung anweisen, auch die Gliederung des Tertiärs in sehr mangelhafter Weise wiedergeben, so bekunden sie doch einen erheblichen Fortschritt im Vergleich mit den in Deutschland bisher ausschließlich herrschenden Lehrbüchern der Werner'schen Schule.

In dem schon früher (S. 488) erwähnten geognostischen Gemälde von Deutschland schildert Ami Boué die verschiedenen Formationen Deutschlands nach Werner'scher Methode in aufsteigender Ordnung. Er beginnt mit dem Urgebirg (Gneiß, Glimmerschiefer, Weißstein, Serpentin). Zum Uebergangsgebirge werden Thonschiefer, Grauwacke mit älterem Kalkstein, rother Uebergangssandstein (Old red Sandstone) und Bergkalk gerechnet. Unter der Bezeichnung älterer Kalkstein sind die gegenwärtig der silurischen und devonischen Formation zugetheilten Kalksteine von Großbritannien, Skandinavien und Centraleuropa verstanden. Zur Grauwacke gehören nach Boué auch eingelagerte Schalsteine, Trapp, Gabbro und Euphotid. Die Kalksteine der Alpen werden im Gegensatz zu Buckland, Bakewell und Keferstein, die darin Lias oder Jurakalk erkennen wollten, zum Uebergangsgebirge gestellt. Im Anschluß an letzteres sind die ältesten krystallinischen Massengesteine (Syenit, Granit) geschildert, über deren Entstehung sich Boué sehr zurückhaltend äußert. Mit dem eruptiven Porphyre findet das Uebergangsgebirge seinen Abschluß. Die Abtheilung des ersten Flötzsandsteins enthält das Rothliegende, den Kohlensandstein und die Steinkohlenformation; darüber liegt der erste Flötzkalk (Zechstein, Kupferschiefer, Rauchwacke). Als zweiter Flötzsandstein wird der Buntsandstein oder Vogesensandstein mit seinen Einlagerungen von Gyps und Steinsalz bezeichnet, auf welchen der zweite Flötzkalk oder Muschelkalk folgt. Der dritte Flötz- oder Keupersandstein wird aus Süddeutschland, Frankreich und England beschrieben.

Darüber folgt Liaskalk und Liassandstein. Im Alpengebiet und Italien nehmen nach Boué sandige und mergelige Gesteine (der heutige Flysch, die Gosauschichten u. A.) nebst Einlagerungen von Kalkstein, Gyps und Steinsalz ungefähr die Stelle des Lias ein. Unter Jurakalk faßt Boué die englischen Oolithbildungen vom Forest marble bis Purbeck, die entsprechenden Parallelablagerungen im nördlichen und westlichen Frankreich, in Norddeutschland, im Rheinthal, sowie im Juragebirge der Schweiz und Süddeutschlands mit Einschluß des fränkischen Dolomits und des lithographischen Schiefers zusammen. Er vereinigt damit auch die Klippenkalke am Nordwestrand der Karpathen, sowie irrthümlicher Weise die Nummulitenkalke von Niederösterreich, Ungarn, der Mittelmeerländer und die Dolomite der Südalpen. Die Gruppe des vierten Flötzsandsteins, oder Grünsands enthält die sandigen und mergeligen Gesteine der jetzigen Kreideformation in Deutschland und Böhmen, während zu der darüberfolgenden Kreide die eigentlichen Kreideablagerungen, Grünsand, Pläner und Scaglia gerechnet werden. Die tertiären Gebilde Mitteleuropas vertheilt Boué auf fünf Becken: das norddeutsche, böhmische, rheinische, schweizerisch-bayerische und österreich-ungarische. Keines derselben ist identisch mit denen von Frankreich oder England, doch fehlt es nicht an gewissen, von Boué ausführlich auseinander gesetzten Beziehungen. Der Abschnitt über das Tertiär nimmt 178 Seiten ein und enthält weitaus die meisten selbständigen Beobachtungen des Verfassers. Besonders werthvoll ist die Beschreibung der Tertiärgebilde im österreich-ungarischen Becken, über die bis dahin nur ganz spärliche Angaben vorlagen. Aber auch von den übrigen Becken liefert Boué die erste übersichtliche und manchmal überraschend vollständige Schilderung. Ueber die zeitlichen Beziehungen der verschiedenen Tertiärbildungen kommt Boué freilich nicht zur Klarheit, da er von der Altersbestimmung der Formationen durch Versteinerungen keine sonderlich hohe Meinung hat.

Alexander Brongniart, welcher sich schon im Jahre 1821 als entschiedener Vorkämpfer der paläontologischen Methode bekannt[3]) hatte, machte im Jahre 1829 den Versuch[4]), sämmtliche die Erdkruste zusammensetzende Gesteine in chronologischer Reihenfolge zu beschreiben und dafür eine neue von lithologischen Merkmalen unabhängige Nomenclatur aufzustellen. Er unterscheidet zunächst neun Klassen von »Terrains«, wobei das letztgenannte Wort lediglich eine Reihe

von Gesteinen bezeichnen soll, die keine andere Beziehung zu einander haben, als daß sie während einer bestimmten großen Periode der Erdentwickelung entstanden sind. Die Terrains werden wieder in Formationen oder Gruppen eingetheilt. Jede Formation enthält die unter gleichen oder nahezu identischen Bedingungen gebildeten Gesteine und zerfällt in Abtheilungen (Sous-Formations), worin Gesteine von gleichartiger Zusammensetzung und Struktur, von concordanter Lagerung und von gleichem Gehalt an Versteinerungen zusammengefaßt werden. Brongniart unterscheidet eine »Periode Jovienne« und eine »Periode Saturnienne«. Erstere enthält alle modernen, postdiluvianischen Gebilde, letztere die vor der letzten Erdrevolution (Sintfluth) entstandenen Gesteine. Die Uebersichtstabelle der verschiedenen »Terrains« gibt folgendes Bild:

A. Periode Jovienne.

I. Terrains Alluviens (alluviale, durch Transport und Sediment entstandene Ablagerungen).

II. Terrains Lysiens (auf chemischem Weg entstandene Gesteine wie Kalktuff, Kieselsinter, Sumpferz 2c.).

III. Terrains Pyrogéniques (vulkanische und pseudovulkanische Gebilde und Meteoriten).

B. Periode Saturnienne.

1. Geschichtete oder neptunische Gesteine.

IV. Terrains *Clysmiens* (Diluvium) mit
Lehmigen, detritischen (Gerölle, Kies, erratische Blöcke, Sand, Muschelbänke), klastischen (Knochenbreccie) und plusiagischen (metallführender Schotter, Bohnerz) Gesteinen.

V. Terrains *Yzémiens* (tertiäre und secundäre Sedimentgesteine).
1. Terr. *Yzémiens Thalassiques* (jüngere oder tertiäre Sedimentbildungen):
a) Thal. Epilymniques (obere Süßwasserablagerungen),
b) » Protéiques (obere sandig-mergelige Meeresablagerungen: Sandstein von Fontainebleau, Nagelfluе, Molasse, Macigno, Muschelsandstein, marine Mergel),
c) » Palaeothériens (untere Süßwasserablagerungen, Braunkohlen, Gyps, Süßwasserquarz, Menilith 2c.),
d) » Tritoniens (untere kalkig-sandige Meeresbildungen, mittlerer Meeressand, Grobkalk, Londonclay 2c.),
e) » Marno-charbonneux (Thon, Lignit, Bernstein, Gyps 2c.),
f) » Argilo-sableux (Quarzsand, plastischer Thon, Gyps),
g) » Clastiques (Puddingstein von Nemours).

2. Terr. *Yzém. Pélagiques:*
   - a) Pélag. Crétacés (weiße Kreide, Feuerstein; Tuffkreide, Chert; oberer Grünsand, Tourtia, Plänerkalk, Gault),
   - b) » Arénacés (unterer Grünsand, Quadersandstein, Shanklinsand, Lignit der Insel Aix),
   - c) » Veldiens (Wealdenthon, Hastings-Sandstein, Eisensand, Tilgate Beds, Purbeckkalk),
   - d) » Epiolithiques (oberer Oolith, Portlandstone, Flysch, Kimmeridge clay, Kalkstein mit Gryphaea virgula; Korallenkalk, Oxfordthon und Kelloway Rock),
   - e) » Jurassiques
     - α) Suprajurassiques (Schieferkalk, Cornbrash, Lithographischer Schiefer von Solnhofen, Forest-marble, Zoophytenkalk von Amberg, Caen und Argentan; Bradford-clay),
     - β) Mediojurassiques (Kalkstein von Caen, Groß-Oolith; dichter Jurakalk und Dolomit des Juragebirges),
     - γ) Infrajurassiques (dichter Kalkstein von Franken; Kohlenflötze von Brora, Whitby, Larzac; Eisen-Oolith von Bayeux).

3. Terr. *Yzém. Abyssiques:*
   - a) Abyss. du Lias (Liassandstein von Aalen, Gryphitenkalk mit Gryphaea arcuata, alaunhaltiger Mergelschiefer von Whitby),
   - b) » du Keuper (bunte Mergel, Gyps, Kohle, Steinsalz),
   - c) » Conchyliens (Muschelkalk, Stinkkalk, Rauchwacke, Gyps, Steinsalz),
   - d) » Poeciliens (Buntsandstein, bunte Mergel, Steinsalz von Vic, Württemberg, Wieliczka (!),
   - e) » Pénéen (Zechstein, Alpenkalk, Gyps, Stinkkalk, Dolomit, Höhlenkalk, Rauchwacke, Asche, Kupferschiefer).
   - f) » Rudimentaires (Arkose, Millstone-grit, Vogesensandstein, rothes Todtliegendes, Weißliegendes; Feldsteinporphyr, Eurit, Porphyr, Melaphyr, Trapp),
   - g) » *Houiller* (Arkose, Kohlensandstein, Conglomerat, Schieferthon, Steinkohle, Anthracit; Kohlenkalk, Mountain-limestone, Old red Sandstone).

VI. Terrains *Hémisyliens.*

Mittlerer Uebergangskalk, Spilit; Grauwacke, Psammit, Thonschiefer, talkige Schieferformation, Phyllade satiné et maclifère.

VII. Terrains *Agalysiens.*
   - a) Terr. Agal. Epizoïques (körniger Kalk und Dolomit, Talkschiefer, Diorit, Hornblendeschiefer, Urthonschiefer [Phyll. satiné]),
   - b) » » Hypozoïques (Glimmerschiefer, Greisen, Quarzfels, Itacolumit, Eisenglimmerschiefer, Weißstein, Gneiß, Granit, Urkalk, Hornblendeschiefer).

2. Massige oder typhonische Gesteine.

VIII. Terrains Plutoniques (Granit, Protogyn, Syenit, Diorit, Porphyr, Melaphyr von Elfdalen, Serpentin, Euphotid, Ophicalcit, Magnesit, Dolomit vom Gotthard, Trachyt vom Cantal, Mont d'or, Chimborasso ꝛc., Dolomit; Thonporphyr, Klingstein, Perlit, Pechstein).

IX. Terrains Volcaniques (Basanit, Basalt, Melaphyr, Trachyt, Phonolith, Spilit, Dolerit, Wacke, Peperin; Graustein, Tephrin, Lava, Obsidian, Bimsstein, Traß, Tuff, Rapilli, Asche).

Dem Brongniart'schen Werk sind eine große Anzahl Tabellen beigefügt, worin die charakteristischen Versteinerungen der einzelnen Formationen aufgezählt sind. Es ist dies der werthvollste Theil des Buches.

Omalius d'Halloy[5]) hat die Terminologie Brongniart's theilweise angenommen, theilweise umgestaltet, im Wesentlichen aber dieselbe Gliederung und Anordnung der »Terrains« befolgt. Sie werden nach ihrer Entstehung in zwei große Classen „neptunische und plutonische" eingetheilt. Jede Classe zerfällt wieder in eine Anzahl Ordnungen, die bestimmten Bildungsepochen entsprechen. Die Ordnungen enthalten Gruppen, welche theils nach der Art ihrer Entstehung, theils nach ihrem Alter und ihrer Lagerung, theils nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit charakterisiert sind. Omalius bespricht die neptunischen Gebilde wie Brongniart in absteigender Reihenfolge und bezeichnet die jüngste Ordnung als Terrains modernes mit den Gruppen Terrains madréporiques, tourbeux, détritiques, alluviens und tuffacés. Die zweite Ordnung: Terrains tértiaires enthält die drei Gruppen: 1. Diluvien (= Clysmien Brongniart), wozu Omalius auch die Schweizer Nagelflue und die Puddingsteine von Nemours rechnet, 2. Nymphéen (die tertiären Süßwasserablagerungen), 3. Tritonien (marine Tertiärbildungen). Eine dritte Ordnung: Terrains Ammonéens gliedert sich in die Gruppen Crétacé, jurassique, liasique und keuprique. Die vierte Ordnung: Hémilysien enthält die Gruppen Pénéen, Houiller, Anthraxifère (Bergkalk und Uebergangskalk), Ardoisier (Grauwacke und Thonschiefer) und Talqueux (Urschiefer, Glimmerschiefer, Gneiß). Bei den plutonischen Gesteinen unterscheidet Omalius die Ordnungen Agalysiens (Granit, Syenit, Porphyr, Trapp ꝛc.) und Pyroides (Basalt, Trachyt, Lava).

Trotz der großen Autorität, deren sich Brongniart und Omalius mit Recht erfreuten, konnte ihr System nicht einmal in Frankreich

und Belgien Wurzel fassen. Es fehlte darin an einem einheitlichen Princip. Für die Unterscheidung der großen Abtheilungen war das geologische Alter maßgebend, die Gruppen dagegen wurden bald nach der Entstehung, bald nach der Gesteinsbeschaffenheit, bald nach dem Gehalt an Versteinerungen, bald nach ihrer chronologischen Aufeinanderfolge bestimmt, so daß z. B. bei Omalius im Tertiär alle Süßwasser-Ablagerungen eine Gruppe und alle marinen Bildungen eine zweite bilden, ohne daß auf die Altersverschiedenheit derselben irgend welche Rücksicht genommen wird. Eine wesentliche Verbesserung des Werner'schen Systems bieten die Gliederungen von Brongniart und Omalius nicht. Gegenüber den englischen Bestrebungen kann man sogar geradezu von einem Rückschritt sprechen, denn bereits Conybeare und Phillips hatten nach dem Vorbild William Smith's mit großer Consequenz das chronologische Princip für die Anordnung der Sedimentgesteine durchgeführt und zur Altersbestimmung neben der Lagerung vorzüglich die Versteinerungen benützt. Das treffliche Lehrbuch von de la Beche[6]) befolgt durchaus dieselbe Methode und schließt sich auch in der Terminologie, in der Anordnung und Abgrenzung der Gruppen (Formationen) an seine beiden Vorgänger an. Daß de la Beche mit besonderer Vorliebe die modernen und diluvialen Bildungen behandelt, versteht sich von dem Verfasser des »Geological Observer's« von selbst. Bei der „Gruppe über der Kreide" verwerthet de la Beche zwar umsichtig die Literatur über die Tertiärbildungen des Pariser Beckens, Italiens, der Schweiz und über die verschiedenen Tertiärbecken Europas, kommt jedoch trotz des reichen Materials noch nicht zu einer präcisen chronologischen Gliederung dieser Formation. Für die Kreidegruppe wird die englische Gliederung als Typus benützt; die festländischen Parallelbildungen sind mit mehr oder weniger Glück dem englischen Schema eingefügt. In der oolithischen Gruppe nimmt de la Beche nur unerhebliche Aenderungen der W. Smith'schen Gliederung vor, stellt aber auf Grund der wichtigen Arbeiten von Merian und Thirria die jurassischen Bildungen des schweizerischen und französischen Jura an ihren richtigen Platz; dagegen herrscht über die gleichaltrigen deutschen und alpinen Ablagerungen noch große Unsicherheit. Zur Gruppe des „Rothen Sandsteins" rechnet de la Beche Keuper, Muschelkalk, Buntsandstein, Zechstein, Kupferschiefer und Rothliegendes. Die Steinkohlenformation umfaßt sehr correct nur die eigentlichen Steinkohlenbildungen und

den Kohlenkalk; die Gruppe der „Grauwacke" der Hauptsache nach die Ablagerungen des Werner'schen Uebergangsgebirges, doch wird von ihr noch eine untere „fossilführende Schiefergruppe" abgetrennt, worunter die ältesten Schiefer und Grauwacken aus Wales und der Bretagne verstanden sind, welche nur ganz spärliche Reste von Versteinerungen enthalten. Es folgen sodann die unteren versteinerungslosen Schichtgesteine (Urthonschiefer, Glimmerschiefer, Kalkschiefer, Chloritschiefer, Gneiß, Granulit etc.) und schließlich die ungeschichteten (eruptiven) Gebirgsarten. de la Beche's Lehrbuch wurde (1835) von H. v. Dechen mit vielen selbständigen Zusätzen ins Deutsche und von Brochant de Villiers (1833) in wenig veränderter Form ins Französische übersetzt.

Im Jahre 1833 erschien der dritte Band der Lyell'schen Principien der Geologie, welcher später als selbständiges Werk unter dem Titel Elemente der Geologie zahlreiche Auflagen erlebte. Die große, bis dahin ungelöste Schwierigkeit einer chronologischen Gliederung der in verschiedene Becken isolierten Tertiärbildungen Europas ist hier durch die Mitarbeit von P. Deshayes in geistvoller Weise überwunden. Schon Desnoyers[7]) hatte 1829 in einer wichtigen Abhandlung nachgewiesen, daß die verschiedenen tertiären Becken nicht gleichzeitig, sondern nach einander ausgefüllt worden seien. Es lasse sich darum die Tertiärformation in eine ältere und eine jüngere Gruppe zerlegen. Im Jahre 1830 veröffentlichte P. Deshayes*) die Ergebnisse seiner epochemachenden Untersuchungen über die Beziehungen der Tertiär-Mollusken zu der jetzigen Fauna. Nicht weniger als 2902 gut bestimmte und von sicheren Fundorten stammende Arten von Tertiärconchylien wurden unter einander und mit 4639 lebenden Arten verglichen. Dabei ergab sich, daß eine Anzahl von Ablagerungen aus dem Pariser und Londoner Becken, aus Belgien und dem Vicentinischen nur ca. 3% lebende und 97% erloschene Arten enthalten,

---

*) Deshayes Paul Ger., geboren 1796 in Nancy, studierte in Straßburg und Paris Medicin, übte jedoch keine ärztliche Praxis aus, sondern beschäftigte sich als Privatgelehrter mit zoologischen und conchyliologischen Studien. 1839—1842 verweilte er in Algerien, um die dortigen Mollusken zu bearbeiten. Nach seiner Rückkehr hielt er Privatvorlesungen über Geologie und Paläontologie und wurde 1869 Professor der Conchyliologie am Museum in Paris; starb am 24. Mai 1896. Seine prachtvolle Sammlung wurde vom Staat erworben und befindet sich in der École des Mines in Paris.

und daß von 1400 untersuchten Species nur 42 in die folgende jüngere Gruppe übergehen, welche die Faluns der Touraine und Aquitaniens, die Ablagerungen des Wiener und ungarischen Beckens, Polens und der Superga bei Turin enthält. In dieser befinden sich 18 % lebender Arten. Zu der dritten und jüngsten Abtheilung gehören die Subapenninen-Formation Italiens, die marinen Bildungen von Griechenland und der Crag von England mit 52 % lebender Arten. Die noch jüngeren Muschelbänke von Uddewalla, Sicilien, Nizza 2c. liefern 96 % lebender Arten. Deshayes[8]) betrachtet jede geologische Formation als eine zoologisch-chronologische Einheit. Die vollständigen Tabellen von Deshayes wurden im Jahre 1833 in Lyell's Principien der Geologie veröffentlicht. Inwieweit Lyell als geistiger Urheber der von Deshayes durchgeführten Untersuchungen zu bezeichnen ist, läßt sich schwer entscheiden; jedenfalls hatte aber der große britische Geologe schon in Italien den Tertiärversteinerungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Lyell schlägt für die drei von Deshayes conchyliologisch begründeten Abtheilungen des Tertiärs die Namen Eocän, Miocän und Pliocän, und später für das bisherige Diluvium die Bezeichnung Pleistocän vor. Diese Namen sind in der Folge allgemein angenommen worden. Für die secundären Formationen bietet das Lyell'sche Werk nichts Neues von Bedeutung; das Uebergangsgebirge wird in zwölf Zeilen abgethan. Die massigen primären Gesteine werden hypogene, die krystallinischen Schiefer metamorphische Bildungen genannt. Zwischen den hypogenen Graniten, Porphyren 2c. und den jüngeren vulkanischen Gesteinen besteht nach Lyell kein wesentlicher Unterschied. Die ersteren gehören darum auch keiner bestimmten Periode an, sondern sind zu den verschiedensten Zeiten, theilweise sogar noch im Tertiär emporgedrungen. Ebenso wenig dürfen die krystallinischen Schiefergesteine in ihrer Gesammtheit an die Basis der normalen Schichtgesteine gestellt werden; denn sie sind nach Lyell aus solchen hervorgegangen und haben erst nachträglich durch Einwirkung von Hitze ihre jetzige Struktur erhalten. Solche metamorphosierte Gesteine finden sich zuweilen auch eingelagert zwischen Ablagerungen jüngerer Perioden. Lyell schaltet darum consequenter Weise sowohl die hypogenen als auch die metamorphischen Gebilde zwischen die einzelnen Formationen ein und gesteht ihnen keine selbständige chronologische Bedeutung zu.

Ganz unabhängig von Deshayes und Lyell hatte H. G. Bronn*) im Anschluß an seine Untersuchungen der italienischen Tertiärgebirge[9]) eingehende Studien über die Vertheilung der organischen Ueberreste in den verschiedenen Formationen angestellt und deren Resultate im Jahre 1831 in tabellarischer Form veröffentlicht. Der gelehrte Paläontologe zeigt darin, daß die Gesammtzahl der Geschlechter und Arten in auf einander folgenden Zeit- und Gebirgsabschnitten in steter Zunahme begriffen ist, und daß die absolute Zahl der erloschenen Geschlechter in jeder Formationsgruppe abnimmt, je jünger diese ist. In der Tertiärformation herrschen die noch jetzt lebenden Gattungen vor und auch recente Arten stellen sich je nach dem Alter der verschiedenen Ablagerungen successive in immer größerer Zahl ein. Es können darum die Altersbeziehungen derselben nach dem stärkeren oder geringeren Gehalt an lebenden Formen fast mit mathematischer Genauigkeit abgeschätzt werden. In Anwendung dieses Princips hatte Bronn die Tertiärgebilde Europas in zwei Abtheilungen zerlegt, wovon die ältere ziemlich genau dem Eocän, die jüngere dem Miocän und Pliocän Lyell's entspricht.

Deshayes, Lyell und Bronn hatten das paläontologische Princip für die Altersbestimmung der geschichteten Gesteine in so über zeugender Weise zur Geltung gebracht, daß allmählich alle Bedenken dagegen verstummten. Damit aber beginnt eine Periode des glänzendsten Aufschwungs der Formationslehre. Die Grundlage einer vergleichenden Stratigraphie war nunmehr geschaffen und in rascher Folge mehrten sich jetzt Publicationen über die specielle Gliederung

*) Bronn Heinrich Georg, geboren am 3. März 1800 zu Ziegelhausen bei Heidelberg als Sohn eines Försters, studierte in Heidelberg Cameralia und Naturwissenschaften, habilitierte sich 1821 als Privatdocent in Heidelberg und wurde 1828 Professor der Zoologie und Gewerbewissenschaften daselbst. Zwischen 1824 und 1827 bereiste er Oberitalien und Südfrankreich behufs paläontologischer und geologischer Studien. Von 1830 bis 1862 gab er mit C. v. Leonhard und später mit G. Leonhard das Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie und Petrefaktenkunde heraus. Durch die Lethaea geognostica, das Handbuch der Geschichte der Natur, die Untersuchungen über die Entwickelungsgesetze der organischen Natur und eine Menge specieller Abhandlungen erlangte Bronn allmählich die erste Stelle unter den deutschen Paläontologen. Seine Lehrthätigkeit wurde durch Schwerhörigkeit und Mangel an Rednergabe beeinträchtigt. Er hat nur dreimal Gelegenheit gehabt, Vorlesungen über Paläontologie zu lesen. Zu seinen dankbaren Schülern gehören Wißmann, Lommel, G. Schweinfurth und Zittel. Bronn starb 1862 in Heidelberg an Lungenlähmung.

einzelner Formationen oder vergleichende Untersuchungen über ihre Ausbildung in benachbarten und entfernteren Gebieten.

Einen tiefgreifenden Einfluß auf die Entwickelung der Formationenlehre übte Bronn durch die Herausgabe seiner Lethaea geognostica[10]) aus. Dieses Werk faßt mit staunenswerther Gelehrsamkeit alles zusammen, was bis dahin über Formationslehre und Paläontologie bekannt war; es bringt auf 47 Foliotafeln die Abbildung der wichtigsten Leitfossilien aller Formationen. Der schön ausgeführte Atlas enthält theils Copien aus anderen Werken, theils Originalzeichnungen. Die Literaturnachweise und Fundortsangaben zeichnen sich durch musterhafte Genauigkeit und Vollständigkeit aus. Bronn theilt die Schichtgebirge in vier Perioden ein, wovon jede wieder in mehrere Gruppen und Abtheilungen zerfällt.

Die älteste Periode, das Kohlengebirge, enthält die Gruppen Thonschiefer, Bergkalk und Kupferschiefer. Die Thonschiefergruppe besteht aus 1. Thonschiefer, 2. Uebergangskalk, 3. Grauwacke und Grauwackenschiefer; die Bergkalkgruppe aus 4. altem rothen Sandstein (old red), 5. Bergkalk, 6. Kohlensandstein mit Steinkohle und Kohlenschiefer; die Kupferschiefergruppe aus 7. Todtliegendem, 8. Kupferschiefer, 9. Zechstein.

Die zweite Periode, das Salzgebirge, gliedert sich in zwei Gruppen Muschelkalk und Keuper mit 10. Buntsandstein, 11. Muschelkalk, 12. Lettenkohle, 13. Keuperdolomit, 14. Gypskeuper, 15. Keupersandstein.

Die dritte Periode, das Oolithgebirge, enthält:

a) Liasgruppe mit 16. unterer Liassandstein, 17. Liaskalk, 18. Liasschiefer,
b) Untere Juragruppe mit 19. oberer Liassandstein, 20. unterer dichter Jurakalk, 21. Walkerde, 22. kleinkörniger Oolith, 23. Forest marble, 24. Cornbrash,
c) Mittlere Juragruppe mit 25. Oxfordthon, 26. weißer Jurakalk, 27. Korallenkalk, 28. lithographischer Schiefer,
d) Obere Juragruppe mit 29. Kimmeridge-Thon, 30. Portland-Stein.

Die vierte Periode, das Kreidegebirge, enthält:

a) Eisensandgruppe mit 31. Purbeck-Kalk, 32. Eisensand, 33. Waldthon,
b) Grünsandgruppe mit 34. Untergrünsand, 35. Obergrünsand, 36. Kreidemergel, 37. weiße Kreide, 38. Kreidetuff.

Die fünfte Periode, das Molassegebirge, gliedert sich in:

a) Grobkalkgruppe mit 39. Unterbraunkohle, plastischer Thon und Sandstein, 40. Grobkalkformation,
b) Tegelgruppe mit 41. Oberer Meeressand, Sandstein und Mergel, 42. Tegelbildungen,
c) Alluvialgruppe mit 43. vorgeschichtliche Alluvionen, 44 geschichtliche Alluvionen.

Der erste Band der Lethaea geognostica erschien 1835 und fand eine weite Verbreitung, so daß noch vor dem Erscheinen des zweiten Bandes eine zweite unveränderte Auflage nöthig wurde; der zweite Band folgte 1838. Eine neue (dritte) Auflage in drei Bänden mit sechs Abtheilungen und einem Atlas von 124 Tafeln erschien zwischen 1851 und 1856 unter Mitwirkung von Ferd. Roemer, welcher die Bearbeitung der Palaeo-Lethaea oder Kohlenperiode übernommen hatte. Eine vierte, von Ferd. Roemer 1876 begonnene Umarbeitung unter dem Titel Lethaea palaeozoica ist eine Specialmonographie der ältesten (paläozoischen) Perioden und wird gegenwärtig von Fr. Frech fortgesetzt.

Nachdem für die Classification der Tertiärgebilde der Schlüssel gefunden war, blieb das sogenannte Uebergangsgebirge oder die Grauwackegruppe als dunkelster Fleck in der Reihe der Sedimentgesteine übrig. Es fehlte zwar nicht an Beobachtungen in einzelnen Ländern, die Anhaltspunkte zu einer localen Gliederung boten, allein sie ließen sich nicht zu einer allgemein gültigen Eintheilung vereinigen. Schon 1789 hatte Lasius im Harz eine ältere und eine jüngere Abtheilung des Uebergangsgebirges unterschieden und Hisinger 1826 auf die paläontologische Verschiedenheit des Gotländerer und schwedischen Uebergangskalkes hingewiesen. Ueber das rheinisch-belgische Schiefergebirge waren von Raumer (1815), Steininger[11]), v. Dechen[12]) und Stifft[13]) sorgfältige Beobachtungen veröffentlicht worden. In Belgien hatten Omalius d'Halloy[14]) und Dumont[15]) die höchst verwickelten Lagerungsverhältnisse des Uebergangsgebirges mit großem Scharfsinn klar gelegt und darin mehrere Abtheilungen unterschieden (Terrain Ardoisier, Anthraxifère und Houiller). Eine allgemein gültige Gliederung des mächtigen Schichtencomplexes zwischen den krystallinischen Urschiefern und dem Kohlengebirge ließ sich jedoch aus diesen Localbeschreibungen nicht erzielen. Die Grauwackenformation mit ihren eingelagerten Schiefern, Conglomeraten und Kalksteinen blieb eine ungefüge, ungegliederte Masse, bis die bahnbrechenden Arbeiten der zwei britischen Geologen Sedgwick*) und Murchison

---

*) Sedgwick Adam, geboren am 22. März 1785 zu Dent in Yorkshire als Sohn eines Geistlichen, studierte in Cambridge Theologie und Mathematik, wurde 1809 Hilfslehrer am Trinity College und 1818 Professor der Geologie an der Universität Cambridge. 1822 begann er seine Untersuchungen in Cumberland, machte 1826 die erste Reise mit Rod. Murchison nach Schottland und blieb

auch hier den verhüllenden Schleier lüfteten. Im Sommer 1831 begannen die beiden Freunde ihre Untersuchungen in Wales und den angrenzenden Gebieten. Sedgwick hatte schon zwischen 1822 und 1824 im Seedistrict von Cumberland und Westmoreland das Uebergangsgebirge studiert, die Tektonik und Stratigraphie dieses schwierigen Gebietes entwirrt, jedoch für seine Gliederung in Ermangelung von Versteinerungen lediglich lithologische Merkmale und Lagerungsverhältnisse verwerthet. Nach derselben Methode begann der unermüdliche Cambridger Professor 1831 die Erforschung des nördlichen Wales in der Nachbarschaft des Snowdon und legte den Aufbau dieses Gebirges in bewunderungswürdiger Weise klar. Leider reichten die spärlichen Versteinerungen auch hier nicht aus zur Feststellung paläontologisch charakterisierter Horizonte. Glücklicher war Murchison.*) Während sein Arbeitsgenosse die älteste Gruppe des Uebergangsgebirges in aufsteigender Reihe untersuchte, begann Murchison an der östlichen und südlichen Grenze von Wales mit dem Old red Sandstone und den unmittelbar darunter liegenden Schichten.

---

im folgenden Jahrzehnt dessen unzertrennlicher Arbeitsgenosse, bis der Streit über das Cambrium eine Erkaltung der innigen Freundschaft beider Forscher herbeiführte. Sedgwick war ein vorzüglicher Lehrer; seine Vorträge, voll Enthusiasmus und durch geistvollen Humor gewürzt, regten mächtig an; auch als Begründer eines reichen geologischen Museums in Cambridge erwarb er sich große Verdienste, die durch Verleihung der Wollaston- und Copley-Medaille anerkannt wurden. Starb am 27. Januar 1873 in Cambridge.

*) Roderik Impey Murchison, geboren am 19. Februar 1792 zu Tarradale im schottischen Hochland, wurde in Great Marlow für die militärische Laufbahn erzogen und machte als Officier 1807 den spanischen Feldzug mit. Er heirathete 1815 die feingebildete Tochter des Generals Hugonin, welche ihn zu wissenschaftlichen Untersuchungen ermunterte. Nach kurzer Vorbereitung begann Murchison seine literarische Thätigkeit mit verschiedenen Abhandlungen über die Geologie von Sussex, Nordschottland und Arran; reiste 1828 mit Ch. Lyell in Frankreich und Oberitalien und machte 1829 mit Sedgwick eingehende Untersuchungen in den österreichischen und bayerischen Alpen. 1831 beginnen seine berühmten Untersuchungen über die paläozoischen Ablagerungen in Wales, welche er später in Devonshire, Deutschland, Belgien und Rußland fortsetzte. Im Jahre 1855 wurde Murchison, als Nachfolger von de la Beche, Generaldirector der Geological Survey von Großbritannien. Murchison war einer der Begründer der British Association, zweimal Präsident der geologischen und lange Jahre hindurch Präsident der geographischen Gesellschaft; Inhaber der Wollaston-Medaille. Erhielt 1866 den Titel eines Barons und nahm in der Londoner Gesellschaft eine hervorragende Stellung ein. Starb am 22. October 1871.

Ueberall fand er Versteinerungen und schon 1833 konnte er der Geological Society eine paläontologisch begründete Gliederung eines Theiles des Uebergangsgebirges vorlegen. Anfänglich hatte Murchison die von ihm untersuchten Ablagerungen obere fossilienführende Grauwacken-Serie genannt; im Jahre 1835 schlug er[16]) aber auf Drängen Elie de Beaumont's dafür die Bezeichnung »Silurian System« vor, und da sich die von Sedgwick in Cumberland und Nordwales untersuchten älteren Ablagerungen nicht in den Rahmen der Murchison'schen Gliederung einfügen ließen, so acceptiette Murchison eine von Sedgwick im Jahre 1836 für die ältesten Uebergangsgesteine vorgeschlagene Bezeichnung »Cambrian-Series«. Im Jahre 1839 erschien Murchison's großes Werk »The Silurian System«, worin die Ergebnisse seiner sechsjährigen Forschungen niedergelegt sind. Nach einem kurzen Ueberblick der jüngeren Formationen vom Oolith abwärts und einer eingehenden Schilderung der englischen Steinkohlenformation, des Bergkalks und des Old red Sandstone geht Murchison zur speciellen Beschreibung des silurischen Systems in Südwales und den angrenzenden englischen Grafschaften über. Mit großer Genauigkeit sind die Lagerungsverhältnisse, die Gesteinsbeschaffenheit, der Gehalt an Versteinerungen und Mineralien, die Einlagerung vulkanischer Gesteine geschildert. Ein besonderer paläontologischer Theil mit 27 Quarttafeln enthält die Beschreibung der charakteristischen Versteinerungen durch L. Agassiz, Sowerby und Lonsdale. Zahlreiche colorierte Profile füllen weitere neun Tafeln und illustrieren die Tektonik des untersuchten Gebietes. Murchison unterscheidet im »Silurian System« drei Hauptgruppen: 1. Oberes Silur mit Ludlow Rocks und Wenlock Limestone, 2. Unteres Silur mit Caradoc Sandstone und Llaudeilo Flags, 3. Cambrisches System. Eine bestimmte untere Grenze des Silursystems[17]) gegenüber dem Cambrium konnte Murchison noch nicht feststellen; und auch Sedgwick vermochte nicht genau zu bestimmen, wo sein Cambrium nach oben aufhört und das Silursystem Murchison's beginnt. Immerhin bedeutet die Gliederung der beiden Schichtencomplexe einen der wichtigsten Fortschritte in der Formationslehre Europas.

Es blieb jedoch noch immer eine mächtige Ablagerung des Werner'schen Uebergangsgebirges übrig, welche nicht in die beiden Systeme unterzubringen war. An der geologischen Untersuchung von Devonshire und Cornwall hatte de la Beche mehrere Jahre mit eisernem

Fleiß gearbeitet und 1839 seine Resultate auf einer musterhaften geologischen Karte dieses Gebietes veranschaulicht. Von der eigentlichen Grauwacke (Killas Greywacke) hatte de la Beche pflanzenführende Schiefer (die jetzigen Culmschiefer) unter dem Namen carbonaceous series abgeschieden, dieselben aber für älter als einen Theil der letzteren gehalten. Im Jahre 1836 bewiesen Murchison und Sedgwick, daß jene Ablagerungen der Steinkohlenformation angehören und über der eigentlichen Grauwacke mit Conglomeraten, Schiefern und versteinerungsreichen Kalksteinen liegen. Der ganze Schichtencomplex ist aber so gewaltig gestört und gefaltet, die Gesteine zeigen so auffallend metamorphischen Habitus, daß sie von Murchison und Sedgwick für Aequivalente der cambrischen Serie gehalten wurden. Allein Lonsdale, welchem die Untersuchung der Versteinerungen anvertraut war, gelangte 1837 zur Ueberzeugung, der fragliche Schichtencomplex müsse entschieden jünger als Silur und älter als Steinkohlenformation sein. Zögernd und erst nach erneuter Revision ihrer Profile schlossen sich die beiden befreundeten Geologen der Lonsdale'schen Ansicht an und begründeten in einer gemeinsamen größeren Abhandlung[18]) das „Devonische System“, zwischen dem obersten Silur und dem ältesten Carbon. Sie theilten demselben auch den alten rothen Sandstein zu, über dessen Verbreitung, Mächtigkeit, Gliederung und Versteinerungsgehalt in Schottland sie im Jahre 1828 eine gemeinsame Abhandlung veröffentlicht hatten. Von vielen Seiten wurde gegen das neue System Bedenken erhoben. Um diese zu zerstreuen, und um zu zeigen, daß es sich nicht um eine örtliche Ausbildung, sondern um ein wichtiges und selbständiges Glied des Uebergangsgebirges handle, bereisten Murchison und Sedgwick im Sommer 1839 Rheinpreußen, Westfalen, den Harz, Nassau, Thüringen, das Fichtelgebirg und in Gemeinschaft mit de Verneuil Belgien und die Gegend von Boulogne s/M. In einer im Jahre 1842 veröffentlichten Abhandlung[19]) suchten die beiden Autoren nachzuweisen, daß ein großer Theil der im Rheingebiet verbreiteten Schiefer- und Kalksteine zum devonischen und silurischen System gehöre, und daß im Fichtelgebirge devonische, aber keine silurischen Ablagerungen vorhanden seien. Waren diese Ergebnisse auch theilweise unrichtig, indem die ganze untere Abtheilung des rheinischen Schiefergebirges für silurisch erklärt und im Fichtelgebirge die silurischen Bildungen übersehen wurden, so ging doch aus diesen Unter-

suchungen mit aller Bestimmtheit hervor, daß in Deutschland und Belgien zwischen dem Kohlengebirge und der ältesten Grauwacke ein dem Devonsystem angehöriger, stellenweise sehr versteinerungsreicher Schichtencomplex vorhanden sei. Die fossilen Ueberreste aus dem Paläozoicum von Cornwall, Devon und West-Somerset, über welche die beiden Sowerby 1837 bereits eine illustrierte Abhandlung veröffentlicht hatten, wurden 1841 von John Phillips[20]) nochmals bearbeitet und damit die verschiedenen, theils schon früher von de la Beche, Murchison und Sedgwick, theils von Phillips selbst unterschiedenen Abtheilungen des Devonischen Systems paläontologisch begründet. Sedgwick und Murchison hatten in ihren älteren Abhandlungen die silurischen Ablagerungen öfters auch als paläozoisch, die cambrischen als protozoisch bezeichnet. Phillips*) schlägt nun (1841) vor, den Namen „paläozoisch" auf sämmtliche Schichten des Uebergangsgebirges, des Carbon und des Zechstein zu übertragen; die secundären Ablagerungen als „mesozoisch" und die tertiären als „caenozoisch" zu bezeichnen. Diese Nomenclatur fand rasch Eingang in die Literatur und ist jetzt allgemein angenommen.

Bis dahin kannte man cambrische, silurische und devonische Ablagerungen nur aus Regionen, in denen die Schichten große tektonische Störungen und complicierte Lagerungsverhältnisse aufweisen. Die Nachricht von horizontal gelagerten und wenig veränderten Gesteinen des Uebergangsgebirges in Rußland veranlaßten Murchison und de Verneuil**) im Jahre 1840 zu einer Reise in die Ostseeprovinzen und 1841 zu jener wichtigen Expedition nach dem Ural, deren Hauptergebniß nicht nur in dem Nachweis der weiten Verbreitung silurischer

*) John Phillips, geboren 1800 zu Marden in Wiltshire, war der Neffe von William Smith und wurde von diesem großen Meister in die Geologie eingeführt. Im Jahre 1824 erhielt er den Auftrag, das Museum von York zu ordnen und durch ähnliche Aufgaben in verschiedenen Städten, zuletzt in London, Dublin und Oxford, war er ein volles Jahrzehnt beschäftigt. 1824 wurde er Professor am Kings College in London, 1844 Professor der Geologie in Dublin und 1856 als Nachfolger von Buckland zum Professor der Geologie in Oxford erwählt. Starb im April 1874.

**) Verneuil Edouard Philippe Poulletier de, geboren 1805 in Paris, studierte Jurisprudenz, war Advokat und Beamter im Justizministerium; zog sich aber ins Privatleben zurück und widmete sich als Mitglied des Institut ausschließlich geologischen Studien; bereiste 1836 die Krim, 1840 Rußland, 1846 Nordamerika; starb am 29. Mai 1873.

und devonischer Ablagerungen in Rußland, sondern auch in der Aufstellung des „permischen Systems“ bestand.[21]) Die fortgesetzte Beschäftigung mit dem Uebergangsgebirge hatte Murchison zu der Ueberzeugung geführt, daß die von Sedgwick in Nordwales untersuchten cambrischen Ablagerungen keine vom unteren Silur abweichenden Versteinerungen enthielten, daß eine bestimmte Grenze zwischen Silur und Cambrium überhaupt nicht existiere, und daß somit das cambrische System mit dem Untersilur zusammenfalle. Dieser Ueberzeugung gab Murchison zum großen Verdruß von Sedgwick zum erstenmal 1842 in seiner Adresse als Präsident der geologischen Gesellschaft Ausdruck. Sedgwick begann sofort (1842 und 1843) in Begleitung des Paläontologen Salter eine neue Untersuchung von Wales und vertheidigte 1852[22]) mit großer Schärfe die Selbständigkeit seiner cambrischen Serie, indem er zeigte, daß in Wales unter den Llandeiloschichten Murchison's, welche er auf Grund identischer Versteinerungen für gleichaltrig mit den Balaschichten erkannte und als oberes Cambrium bezeichnete, noch ein Schichtencomplex von ca. 10000 Fuß Mächtigkeit vorhanden sei, worin sich die zwei Hauptabtheilungen der Festiniog- und Bangorgruppen, mit den Untergliedern Arenig, Tremadoc, Lingulaschiefer, Harlechsandstein und Llanberrisschiefer unterscheiden ließen.

Murchison[23]) verhielt sich ablehnend und verlangte eine paläontologische Begründung des cambrischen Systems. Im Jahre 1854 erschien eine etwas abgekürzte, jedoch vollständig umgearbeitete Ausgabe des Silurian System in Octavformat und unter dem Titel »Siluria«. Darin erklärte Murchison das Cambrium lediglich für eine locale Entwickelung des unteren Silur und beseitigte damit die Cambrian series als selbständige Formation. Die Siluria beginnt mit den ältesten fossilführenden Ablagerungen in Wales (der Longmyndgruppe) und liefert dann in aufsteigender Reihenfolge eine eingehende Beschreibung des silurischen, devonischen, carbonischen und permischen Systems in England, auf welche eine vergleichende Darstellung der entsprechenden Bildungen in den übrigen Theilen Europas und Nordamerikas folgt. Die mit der Untersuchung von Wales betrauten Mitglieder der Geological Survey schlossen sich den Anschauungen Murchison's an und so verschwand das cambrische System aus den officiellen Karten und die Farbe des Silur erstreckte sich über das ganze ehemalige Cambrium. Sedgwick[24]), erbittert über die Zer-

störung seines schwer erkämpften cambrischen Reichs, gab (1851 bis 1855) mit dem Paläontologen Fr. M'Coy ein großes Werk über die Gliederung und die Versteinerungen der britischen paläozoischen Ablagerungen heraus, worin er in heftiger Weise seinen einstigen Arbeitsgenossen bekämpft und für die Selbständigkeit des Cambrium eintritt. Er will das silurische System auf die Ludlow- und Wenlock-Gruppen beschränken, und weist alles übrige, von Caradoc abwärts der cambrischen Serie zu. Der heißblütige, geniale Cambridger Professor konnte gegen seinen einflußreichen Gegner, der 1855 Generaldirector der Geological Survey wurde, nicht durchdringen. Ja, die Vorstandschaft (Council) der geologischen Gesellschaft nahm 1852 in solcher Weise für Murchison Partei, daß sie beschloß, jede Mittheilung Sedgwick's über die Classification und Nomenclatur der älteren paläozoischen Ablagerungen grundsätzlich abzuweisen. Trotzdem hielt Sedgwick unerschütterlich an seinen Ansichten fest und veröffentlichte noch in seinem letzten Lebensjahre (1873) in der Vorrede eines von J. W. Salter[25]) abgefaßten illustrierten Katalogs der cambrischen und silurischen Versteinerungen als wissenschaftliches Testament einen historischen Ueberblick seiner Forschungen über das britische Paläozoicum, betonte die Selbständigkeit der cambrischen Ablagerungen, zeigte, daß das Cambrium charakteristische, vom Silur abweichende Versteinerungen enthält und darum auch paläontologisch wohl begründet sei. Sedgwick hat schließlich Recht behalten. Das Cambrium ist jetzt allgemein, wenn auch in etwas anderer Umgrenzung als ein besonderes, über die ganze Erde verbreitetes geologisches System anerkannt.

B. Specielle Stratigraphie.

War durch die grundlegenden Arbeiten von Lyell, Deshayes und Bronn über das Tertiär, von Sedgwick und Murchison über das Paläozoicum, für den Rohbau der Formationslehre die Krönung und das Fundament geschaffen, so blieb diesem Jahrhundert nur noch die feinere Ausarbeitung und genauere Eintheilung des Gebäudes übrig. Und an dieser Aufgabe nahmen tausend fleißige Hände nicht nur in Europa, sondern in der ganzen Welt theil. In der Reihenfolge und Umgrenzung der Hauptabtheilungen (Formationen oder Systeme) dürften kaum noch nennenswerthe Veränderungen vorgenommen werden, dagegen befindet sich die speciellere Gliederung

derselben noch in vollem Fluß und ändert sich mit der stetig zunehmenden Kenntniß des geologischen Baues der Erdkruste in Europa und den übrigen Welttheilen.

a) Archäische und präcambrische Bildungen.

Der ungeheuer mächtige Complex von Gneiß und krystallinischen Schiefern, welcher die Basis der ältesten versteinerungsführenden Sedimentgesteine bildet und seit Werner stets nach petrographischen Merkmalen und nach den Lagerungsverhältnissen gegliedert worden war, erhielt ein neues Interesse, als William E. Logan[26]) 1854 aus Kalksteineinlagerungen im Gneiß von Canada organische Reste nachweisen zu können glaubte. Das Eozoon Canadense wurde von W. Dawson und W. B. Carpenter für eine Foraminiferengattung gehalten und damit also der Gneiß und die darüber liegenden versteinerungsleeren archäischen oder azoischen Schiefergesteine in die Reihe der Sedimentärgebilde gerückt. Die Werner'schen Formationen des Grundgebirges (Gneiß-, Glimmerschiefer- und Urthonschiefer-Formation) erschienen nunmehr, allerdings mit anderen Namen, von Neuem in der normalen Formationsreihe. Logan unterschied 1863 in Canada eine ältere laurentische Gneißformation und darüber eine jüngere überwiegend aus Glimmerschiefer und Phyllit zusammengesetzte huronische Formation. Eine ähnliche Eintheilung schlug Gümbel[27]) für das bayerische Grenzgebirge vor. Er unterscheidet zunächst eine tiefere bojische und eine jüngere hercynische Gneißstufe und nimmt später zwei archäische Formationen an, wovon die Urgneißformation dem laurentischen, die Urschieferformation dem huronischen System entsprechen. Obwohl die organische Natur des Eozoon durch King, Rowney und namentlich durch Moebius widerlegt wurde, verlangte doch die Descendenztheorie gebieterisch eine präcambrische Fauna und Flora. Nathorst[28]), welcher den organischen Ursprung der im Urgneiß vorkommenden Einlagerungen von Kalk und Graphit in überzeugender Weise bekämpfte (1879), vermuthet, die präcambrischen Organismen hätten noch keine erhaltungsfähigen Hartgebilde besessen, und es müsse darum auf eine Gliederung der von Dana (1872) als „archäisch" bezeichneten Gesteine nach paläontologischen Merkmalen principiell verzichtet werden. Allein nichtsdestoweniger ging das Bestreben der Geologen in neuester Zeit vielfach dahin, namentlich die unmittelbar unter dem Cambrium befindlichen Schiefercomplexe in mehrere chrono-

logisch aufeinanderfolgende Stufen zu zerlegen. So unterschied (1877) Hicks[29]) in Wales und Schottland die vier Stufen Lewisian, Dimetian, Arvonian und Pebidian; A. Nathorst[30]) in Schweden eine älteste Dalformation, eine mittlere Almesakra- und eine jüngere Wisingsjö-Formation. Eine noch speciellere Gliederung schlug (1888) Sterry Hunt[31]) für die präcambrischen Gebilde vor. Er unterscheidet Laurentian, Norian, Arvonian, Huronian, Montalban und Taconian, wovon die letztgenannte Gruppe etwa dem unteren Tacon von Emmons oder dem Keweenianian von Brooks und van Hise entspricht. In der Umgebung des Lake Syperior stellte Lawson ein Ontariansystem mit den Keewatin- und Contchiching-gruppen auf und auch im Gran Cañon und Texas wurden von Walcott und Comstock verschiedene Localnamen für präcambrische Ablagerungen vorgeschlagen. Im Jahre 1892 veröffentlichte van Hise[32]) einen erschöpfenden Bericht über die präcambrischen Gebilde und begründet darin deren Eintheilung in zwei Hauptabtheilungen, wovon die jüngere das »Algonkian« (von Walcott nach einem Indianerstamm benannt), die unter dem Cambrium liegenden klastischen oder krystallinischen Gesteine, die ältere, das »Archaean« die vollkommen krystallinischen schieferigen Urgesteine begreift.

Die präcambrischen Phyllite, Schiefer und Conglomerate der Bretagne, wurden in neuester Zeit von Ch. Barrois[33]) untersucht und in Quarzitschiefern organische Reste entdeckt, welche Cayeux[34]) als Radiolarien und Spongien beschrieb. Herm. Rauff will in diesen angeblichen Versteinerungen allerdings nur mineralische Bildungen erkennen. Auch über die mächtigen Schieferzonen der Alpen, welche solange allen Gliederungsversuchen spotteten, haben die neueren Forschungen der schweizerischen, österreichischen und italiänischen Geologen Licht verbreitet. Einige dieser Schiefer stellten sich als metamorphosierte Sedimentgesteine von paläozoischem, mesozoischem, ja sogar cänozoischem Alter heraus; andere gehören zum archäischen Urgebirge und einige ließen sich schon frühzeitig als normale Ablagerungen des Silur-, Devon-, Carbon- und Permsystems bestimmen.

b) Cambrisches und silurisches System.

Fast um dieselbe Zeit, in welcher Sedgwick und Murchison ihre berühmten Untersuchungen über die paläozoischen Bildungen Europas durchführten, begannen auch in Nordamerika Forschungen,

welche die in Europa gewonnenen Ergebnisse in glänzender Weise bestätigten.

Nachdem A. Eaton in einer Reihe von Abhandlungen zwischen 1818 und 1832 den mißlungenen Versuch gemacht hatte, die sedimentären Ablagerungen im Osten der Vereinigten Staaten mit den Secundärgebirgen Europas zu vergleichen, zeigte Vanuxem (1829), daß dieselben ausschließlich dem Uebergangsgebirge angehören. In dem folgenden Jahrzehnt wurden in mehreren östlichen und südlichen Staaten geologische Anstalten nach dem Muster der britischen ins Leben gerufen, die einen mächtigen Impuls auf die ganze Entwickelung der Geologie und Paläontologie in Nordamerika ausübten. Im Staat New-York begannen die officiellen Aufnahmen im Jahre 1836 und zwar gleichzeitig in vier selbständigen Sectionen. Die erste südwestliche Section stand unter der Direction des Lieutenants Mather, die zweite nordöstliche wurde von Professor Ebenezer Emmons*), die dritte mittlere von Conrad, die vierte westliche von dem in Paris ausgebildeten Vanuxem geleitet. Schon im Jahre 1837 trat Conrad aus Gesundheitsrücksichten als Feldgeologe zurück, um sich ausschließlich paläontologischen Arbeiten zu widmen, Vanuxem erhielt an seiner Stelle die dritte und J. Hall, bisher Assistent bei Emmons, die vierte Section. Emmons veröffentlichte seinen Schlußbericht zuerst (1842) in einem stattlichen Quartband. Ein großer Theil seines Districtes besteht aus alten krystallinischen Massengesteinen, Gneiß und krystallinischen Schiefern. Unter den Sedimentärbildungen nehmen die Ablagerungen des Uebergangsgebirges die wichtigste Stelle ein. Emmons faßte die Hauptmasse derselben unter der Bezeichnung „New-York-System" zusammen und gliederte dieses ganz unabhängig von der europäischen Classification in vier Abtheilungen: 1. Champlain-, 2. Ontario-, 3. Helderberg- und 4. Erie-Gruppe. Das New-York-System wird nach Emmons von dem Old red-System bedeckt und von dem Taconicsystem unterlagert. Letzteres ruht auf krystallinischen Schiefern und besteht aus einem

*) Emmons Ebenezer, geboren am 16. Mai 1800 in Middlefield, Mass., studierte im Williams College Medicin und ließ sich als Arzt in Berkshire nieder, wurde 1836 mit der Leitung der geologischen Aufnahme des zweiten Districtes des Staates New-York betraut und 1838 zum Professor der Chemie am Albany College ernannt. 1851 siedelte Emmons als Staatsgeologe nach Nordcarolina über und starb 1863 in Brunswick County in Nordcarolina.

ca. 25000 Fuß mächtigen, angeblich versteinerungslosen Complex von Thonschiefer, Dolomitschiefer, Kalkstein und körnigem Quarzfels. Es zeigt im Gegensatz zu den fast horizontalen Bildungen des New-York-Systems stark gestörte Lagerungsverhältnisse und steht niemals in Verbindung mit der Champlaingruppe, deren unterstes Glied (Potsdam-Sandstein) in der Regel direct Gneiß oder krystallinische Schiefer überlagert. Vom New-York-System ist im zweiten District nur die untere Champlaingruppe entwickelt, in welcher Emmons von unten nach oben folgende Stufen unterscheidet:

1. Potsdam-Sandstein,
2. »Calciferous Sand Rock« (kalkführender Sandstein),
3. Chazy- und Birdseye-Kalkstein,
4. Marmor von Isle la Motte,
5. Trenton-Kalk,
6. Utica-Schiefer,
7. Loraine-Schiefer,
8. Grauer Sandstein,
9. Conglomerat.

Die einzelnen Stufen sind meist nach der Gesteinsbeschaffenheit, theilweise auch nach paläontologischen Merkmalen begründet.

Der im gleichen Jahre (1842) veröffentlichte Bericht von Vanuxem über den dritten District schließt sich in der Hauptsache an Emmons an, nur wird die Bezeichnung New-York-System auch noch auf den Old red Sandstone ausgedehnt. Die drei über der Champlain-Abtheilung folgenden Ontario-, Helderberg- und Erie-„Divisions" sind in eine namhafte Anzahl, meist nach Grafschaften (Counties) benannter Gruppen zerlegt. Für die 3. und 4. Stufe der Champlain-Abtheilung wird die Bezeichnung „Black River-Kalk", für die 7., 8. und 9. Stufe der gemeinsame Name „Hudson River-Gruppe" vorgeschlagen. Ein specieller Vergleich mit Europa oder anderen Theilen von Nordamerika wird nicht angestrebt, doch war dem Paläontologen Conrad die Uebereinstimmung der Champlain-Abtheilung mit dem unteren Silur, der Ontario- und Helderberg-Gruppe mit dem oberen Silur und der Erie-Abtheilung mit dem Devon in Europa nicht entgangen.

Der Schlußbericht des Directors der ersten Section Mather erhebt (1843) Protest gegen die Selbständigkeit des taconischen Systems

und erklärt dieses unter Zustimmung von Hitchcock, Rogers, Dana und J. Hall*) lediglich für eine durch starke Metamorphose und Einwirkung von Eruptivgesteinen veränderte Facies der Champlain-Gruppe. Der Bericht über die vierte Section von J. Hall (1843) ergänzt in wichtigen Punkten die drei Beschreibungen der östlicheren Sectionen und liefert eine ausgezeichnete Darstellung der drei oberen Abtheilungen des New-York-Systems. Die von Vanuxem und Conrad vorgeschlagenen Gruppen werden zum größten Theil angenommen und nur einige wenige neue beigefügt, so daß nunmehr das eigentliche New-York-System (mit Ausschluß des Old red) aus 29 Gruppen zusammengesetzt erscheint. Für die fünf unteren (Potsdam bis Trenton) weiß J. Hall keine britischen Aequivalente zu nennen; die Utica slates werden den Llandeilo-Schiefern Murchison's, die Hudson River bis Clinton-Gruppen dem Caradoc-Sandstein, die Niagara- bis Corniferous-Kalkgruppen den Wenlock-Schichten und die Marcellus-, Hamilton- bis Chemung-Gruppen den Ludlow-Schichten und dem Devon-System gleichgestellt. Jede der von Hall erwähnten Gruppen ist nach stratigraphischen, lithologischen und paläontologischen Merkmalen sehr genau charakterisiert. Da im dritten und vierten Bezirk die paläozoischen Ablagerungen fast überall in horizontalen oder schwach geneigten Schichten ohne nennenswerthe tektonische Störungen aufeinander folgen, so hat die von Vanuxem und Hall begründete Gliederung später keine erheblichen Veränderungen mehr erfahren. Dem Bericht von J. Hall sind eine große Anzahl vortrefflich ausgeführter Profile und landschaftlicher Bilder beigegeben und überall die leitenden Versteinerungen der verschiedenen Horizonte abgebildet. In einer Reihe prachtvoll ausgestatteter Bände hat später J. Hall die paläozoischen Versteinerungen nicht nur des Staates New-York, sondern auch eines großen Theils des übrigen Nordamerika beschrieben und dadurch eine paläontologische Grundlage für das gesammte Paläozoicum des westlichen Continents geschaffen. Gleichzeitig mit den Untersuchungen im Staate New-York schritten auch jene in Pennsylvanien und Virginia unter der Leitung der Gebrüder

*) James Hall, geboren am 12. September 1811 zu Hingham, Massachusetts, erhielt seine wissenschaftliche Ausbildung in der polytechnischen Schule von Troy; fand 1836 bei der geologischen Aufnahme Verwendung des Staates New-York, wurde später Staatsgeologe für New-York und Director des naturhistorischen Museums in Albany. Starb im 87. Lebensjahr (1898) in Albany.

Rogers voran. Auch dort wurden paläozoische Ablagerungen in mächtiger Entwickelung nachgewiesen und ihre Reihenfolge stratigraphisch festgestellt; aber erst durch Ed. de Verneuil, welcher im Jahre 1846 Nordamerika bereiste, wurden die Beziehungen des amerikanischen und europäischen Uebergangsgebirges genauer ermittelt. Verneuil[35]) verfaßte eine Tabelle der beiden Continenten gemeinsamen Arten und bestimmte darnach die Grenze des silurischen und devonischen Systems in Nordamerika. Zum unteren Silur wird die Champlain-Gruppe von Emmons mit den sechs ältesten Abtheilungen von J. Hall (Potsdam-Sandstein bis Hudson River-Schiefer) gerechnet; das Obersilur beginnt mit den grauen Sandsteinen und den Oneida-Conglomeraten Hall's und umfaßt die Medina-, Clinton-, Niagara-, Onondaga-, Waterlime-, Pentamerus-, Delthyris- und Crinoiden-, Schichten; zu dem mächtig entwickelten Devonsystem gehört die obere Abtheilung der Helderberg-Gruppe, beginnend mit dem Oriskany-Kalk, die ganze Erie-Gruppe und der alte rothe Sandstein. Eine sehr vollständige und übersichtliche Darstellung des New-York-Systems nebst Vergleich mit den europäischen Parallelbildungen lieferte 1858 J. Bigsby.[36]) Das taconische System blieb von den leitenden Geologen Nordamerikas und von de Verneuil unberücksichtigt, obwohl Emmons 1844 ein besonderes Werk[37]) veröffentlicht hatte, worin er die Verbreitung desselben in New-York und den Neu-England-Staaten und dessen Unabhängigkeit von der Champlain-Gruppe nachzuweisen suchte. Er zeigte durch verschiedene Profile aus der Umgebung von Whitehall, daß der »Calciferous Sand Rock« discordant über den taconischen Schiefern liegt. Die Umgebung von Rynolds, Washington Co. lieferte endlich auch die ersten taconischen Versteinerungen (zwei Trilobitenarten, Graptolithen und Nereiten), welche von allen bis dahin bekannten paläozoischen Formen abweichen. Weitere Fossilien kamen in den folgenden Jahren in Georgia City, Vermont und anderen Localitäten zum Vorschein und wurden von Emmons[38]) beschrieben und abgebildet. Zugleich wies Emmons auch die Verbreitung des taconischen Systems in Pennsylvanien, Virginien und Georgia nach. Da jedoch J. Hall, Dana, Logan u. A. auf ihrem Widerspruch gegen die Existenz eines selbständigen taconischen Systems beharrten und ersterer die von Emmons erwähnten Versteinerungen in die Hudson River-Gruppe versetzte, so erhob sich in den folgenden Dezennien eine ziemlich erregte Polemik,

an welcher neben den amerikanischen Geologen auch Barrande und Marcou theilnahmen.

Im Jahre 1860 traten Marcou und Barrande[39]) für die Selbständigkeit des taconischen Systems ein, nachdem letzterer[40]) die von Emmons erwähnten Versteinerungen für primordial erkannt hatte. Im Gegensatz zu J. Hall, Dana und den canadischen Geologen suchte J. Marcou[41]) in einer Reihe von Streitschriften die Bezeichnung „Taconisches System" für die unterste Abtheilung des Paläozoicums einzuführen; den Namen „Cambrisches System" auf die Ablagerungen mit der Fauna des unteren Silurs von Murchison zu übertragen und das „Silur-System" auf die Wenlock- und Ludlow-Schichten zu beschränken. Obwohl Marcou mit Recht betonte, daß alle von Sedgwick und M'Coy aus dem oberen Cambrium (Bala-Schichten) beschriebenen Versteinerungen dem unteren Silur angehören, und daß darum dem ältesten System der Name „Taconic" gebühre, so konnte er doch nicht durchdringen, denn 1851 sah Barrande in der Sammlung der Geological Survey einen aus Wales stammenden primordialen Trilobiten, dessen Fundstätte später durch Salter[42]) entdeckt wurde. Die Lingula-Schichten von St. Davids haben seitdem eine reiche primordiale Fauna geliefert, die von Salter und Hicks[43]) beschrieben wurde und damit war das Postulat Murchison's nach einer eigenartigen Fauna im Cambrium von Wales erfüllt. Dem mächtigen Einfluß Lyell's verdankt das Cambrium anfänglich allerdings meist nur als Unterabtheilung des Silurs, dann aber als selbständiges gleichwerthiges System seine Einführung in die geologischen Lehrbücher. Die Cambridger Schule beharrte bis in die neueste Zeit auf der ursprünglich von Sedgwick vorgeschlagenen Grenzlinie von Cambrium und Silur über den Bala-Schichten, allein schon Charles Lyell beschränkte in seinen Elementen der Geologie das cambrische System auf die untere und mittlere Abtheilung Sedgwick's, beginnend mit den Llongmynd-Schichten und endigend mit den Tremadoc-Schiefern und dieser, von dem internationalen Geologen-Congreß in London 1888 sanctionierten Auffassung schlossen sich auch die meisten deutschen, französischen, englischen und amerikanischen Geologen an. Im Jahre 1879 machte Ch. Lapworth[44]) den Vorschlag, für das untere Silur die Bezeichnung Ordovician zu wählen und den Namen Silur-System auf das obere Silur Murchison's zu beschränken. Die älteren Publicationen der cana-

dischen geologischen Anstalt unter der Leitung von Logan folgten im Wesentlichen der Classification von J. Hall im Staate New-York und erkannten nur Silur und Devon an. Logan's Nachfolger, Selwyn, stellte jedoch im Jahre 1879 einen Theil der sogenannten Quebec-Gruppe, deren Altersbestimmung vielfache Controversen veranlaßt hatte, ins Cambrium, zu dem er auch die untere Champlain-Gruppe (Potsdam-Sandstein) und das obere Tacon von Emmons rechnet. Nachdem im Jahre 1875 durch Broegger in Schweden und Norwegen, 1888 durch Fr. Schmidt und Mickwitz in Esthland und durch Lapworth in Shropshire unter den Paradoxides-Schichten ein besonderer Horizont mit Olenellus nachgewiesen und die gleiche Fauna schon früher auch in Canada und den östlichen Vereinigten Staaten durch Billings, Walcott und Matthew[45]) entdeckt worden war, konnte der letztgenannte Autor eine mit Skandinavien und Wales übereinstimmende Gliederung des canadischen Cambriums durchführen.

Große Verdienste um die Kenntniß der ältesten versteinerungsführenden Ablagerung in Nordamerika hat sich Ch. D. Walcott erworben. Eine erneute Begehung des von Emmons aufgenommenen Gebietes zeigte, daß das „taconische System" in der That, wie Emmons angenommen hatte, unter dem Potsdam-Sandstein liegt und ausschließlich primordiale Versteinerungen enthält. Nachdem Walcott in den atlantischen Staaten die mächtige Entwickelung des cambrischen Systems constatiert hatte, dehnte er seine Untersuchungen auch auf den fernen Westen aus, wo bereits Gilbert und Hague[46]) im Eureka-District von Nevada cambrische Ablagerungen in großartiger Entwickelung beschrieben hatten. Mehrere umfangreiche Publicationen von Walcott[47]) bieten eine sehr eingehende Schilderung der Verbreitung, Zusammensetzung, Lagerungsverhältnisse, Gliederung und Fauna des cambrischen Systems in Nordamerika.

Die Uebergangsgesteine in der Umgebung von Prag hatten schon frühzeitig durch ihren Reichthum an Versteinerungen die Aufmerksamkeit von Sammlern und Geologen auf sich gelenkt und Veranlassung zu einer Anzahl paläontologischer Publicationen von Born, Graf Sternberg, Beyrich, Emmrich, Corda u. A. gegeben. Ueber die Verbreitung, petrographische Beschaffenheit und Lagerungsverhältnisse des böhmischen Uebergangsgebirges verdankt man Zippe die ersten beachtenswerthen Beobachtungen, allein erst durch das epochemachende

Eingreifen von Joachim Barrande*) wurde Böhmen ein classischer Boden für die ältesten fossilführenden Formationen. Im Jahre 1846 veröffentlichte Barrande eine Skizze des böhmischen Silurbeckens. Er weist darin dessen Zusammensetzung aus einer Anzahl von Stockwerken (Étages) nach, die mit den Buchstaben A bis G bezeichnet werden. Die Reihenfolge, Lagerungsverhältnisse und der Inhalt an Versteinerungen dieser Etagen sind genau festgestellt und auf paläontologischer Grundlage die Beziehungen zu den britischen Silurbildungen ermittelt. Dieser vorläufigen Mittheilung folgte 1852 der erste Band des großartigen Werkes über das silurische System in Böhmen, dem in der ganzen paläontologischen Literatur kaum etwas Aehnliches zur Seite gestellt werden kann. In 22 mächtigen Quartbänden mit 1160 wundervoll ausgeführten Tafeln hat Barrande[48]) vom Jahre 1852 an bis zu seinem Tode im Jahre 1883 die im böhmischen Silurbecken vorkommenden Trilobiten und sonstigen Crustaceen, Fische, Mollusken und Brachiopoden beschrieben und für die übrigen Abtheilungen des Thierreichs (Crinoidea, Cystoidea, Korallen, Graptolithen 2c.) zahlreiche Tafeln, sowie die nöthigen Mittel hinterlassen, um das gewaltige Werk zu Ende zu führen. Eine geologische Einleitung im ersten Band bietet eine sehr sorgfältige Beschreibung des böhmischen Silurbeckens.

*) Joachim Barrande, geboren am 11. August 1799 in Sangues (Haute Loire), wurde in Paris an der polytechnischen Schule zum Ingenieur ausgebildet, verließ 1820 mit der vertriebenen Königsfamilie Frankreich, folgte derselben zuerst nach England und Schottland und dann nach Böhmen. Im Jahre 1831 wurde er Lehrer und Erzieher des Prinzen Heinrich v. Chambord, mit dem er zeitlebens als dessen Vermögensadministrator in nahen Beziehungen verblieb. Nach Aufgabe seiner Erzieherstelle widmete sich Barrande fast ausschließlich der geologischen und paläontologischen Erforschung des böhmischen Silurbeckens. Durch festangestellte und systematisch ausgebildete Sammler und Arbeiter beutete er in zu diesem Zwecke angelegten Steinbrüchen die Versteinerungen der verschiedenen Etagen aus und brachte in Prag eine Sammlung paläozoischer Fossilien zu Stande, mit welcher sich keine andere messen konnte. Sein äußeres Leben verlief ohne nennenswerthe Ereignisse. Er lebte still, bedürfnißlos und unvermählt in Prag, die Einförmigkeit seines Daseins nur durch gelegentliche Reisen unterbrechend. Sein nicht unbeträchtliches Vermögen opferte Barrande großentheils der wissenschaftlichen Erforschung Böhmens. Er starb im October 1883 auf dem Gute Frohsdorf des Grafen Chambord. Seine kostbare Sammlung hatte er dem böhmischen Landesmuseum testamentarisch vermacht.

Die Etagen A und B werden als „Azoic" bezeichnet und bestehen zuunterst (Etage A) aus krystallinischen und halbkrystallinischen Schiefern, die auf Granit und Gneiß ruhen, zuoberst (Etage B) aus versteinerungsfreien Grauwacken, Thonschiefern und Alaunschiefern. Etage C ist aus dunkeln Thonschiefern und feinkörnigen Grauwacken zusammengesetzt und enthält die älteste (cambrische) „Primordialfauna", worin eigenthümliche Trilobiten-Gattungen vorherrschen. Das vierte Stockwerk D enthält die zweite, den oberen Llandeilo- und Caradoc-Schichten, der Champlain-Gruppe Nordamerikas, den Orthoceraskalken Schwedens und Esthlands entsprechende untere Silurfauna und besteht aus einer mächtigen Reihe von Quarzit- und Grauwacken-Schiefern. Die oberen Stockwerke E bis G sind vorherrschend kalkig. E zeichnet sich durch eine überaus reiche, mit dem englischen Wenlock übereinstimmende Fauna aus, während für F, G und die meist aus weichen schieferigen Gesteinen zusammengesetzte Etage H keine sicheren Parallelbildungen in England nachgewiesen werden konnten. Barrande theilt den ganzen Complex von E bis H dem Obersilur zu und bezeichnet dessen paläontologischen Inhalt als dritte Fauna. Er kommt nach einem Ueberblick der Silurablagerungen in verschiedenen Ländern und Continenten zu dem Ergebniß, daß dieselben zwar eine sehr verschiedene petrographische Ausbildung und Gliederung aufweisen können, daß jedoch die Versteinerungen überall in der gleichen Reihenfolge nacheinander erscheinen. Allerdings seien in Böhmen die verschiedenen Etagen miteinander durch sogenannte „Colonien", d. h. durch eingeschaltete Schichten, mit Versteinerungen der nächst jüngeren Stufe verbunden. Die Colonien erklärt Barrande durch Einwanderung von Organismen aus Nachbargebieten, in denen die Fauna bereits eine andere Entwickelungsstufe erreicht hatte.

Ueber die Colonien im böhmischen Silurbecken erhob sich zwischen Barrande einerseits, Krejci, Lipold, Marr, Lapworth u. A. anderseits eine lebhafte Controverse, die 1859 begann und bis 1881 fortdauerte.[49]) Während von den Gegnern der Colonien die Einschaltung von Schichten mit Versteinerungen jugendlicheren Alters in gewissen Stufen durch tektonische Störungen erklärt wurde, hielt Barrande mit großer Zähigkeit an seiner Einwanderungstheorie fest. Aber nicht nur die Colonien, sondern auch die Barrande'sche Gliederung des böhmischen Silurbeckens blieb nicht gegen Angriffe gefeit. So stellte Marr die azoische Stufe B zum Cambrium und

gegen die Zugehörigkeit der Etagen F, G und H zum oberen Silur erhob Em. Kayser[50]) auf Grund seiner Studien über die ältesten Devonablagerungen am Harz Einsprache. Die Versteinerungen der von Beyrich und Lossen als „hercynische Stufe" bezeichneten Schichten ließen eine auffallende Uebereinstimmung mit den obersten Etagen des böhmischen Silurbeckens erkennen, und da die hercynische Stufe im Harz aufs engste mit dem Devon verknüpft ist, so rückte Kayser trotz des Protestes von Barrande und Novak die ersteren in das Devon hinauf. Der Kayser'schen Auffassung schlossen sich in der Folge die besten Kenner des deutschen Devons, wie Frech, Holzapfel und von böhmischen Geologen F. Katzer an.

In Schweden hatte Angelin[51]) (1854) die Silurformation in acht Regionen gegliedert, wovon die drei untersten (Regio I Fucoidarum, R. II Olenorum, R. III Conocoryphorum) eine reine Primordialfauna, die vierte, R. IV Ceratopygarum, ein Gemisch von primordialen und untersilurischen Formen enthalten. Dem unteren Silur entsprechen R. V Asaphorum und R. VI Trinucleorum, dem oberen Silur R. VII Harparum und VIII Cryptonymorum. Die verschiedenen Stufen sind faunistisch von einander verschieden und mit Ausnahme der ersten nach den vorherrschenden Trilobiten-Gattungen benannt. Sämmtliche in Schweden vorkommende Trilobiten sind in dem Angelin'schen Werk beschrieben und abgebildet. Die neueren Untersuchungen von Lindström, Linnarson, Nathorst, Tullberg, Holm u. A. haben die von Angelin geschaffene Grundlage erheblich verbessert, ergänzt und feiner ausgearbeitet.

Das Uebergangsgebirge im südlichen Norwegen war schon im Anfang dieses Jahrhunderts Gegenstand der Untersuchung von Leop. v. Buch, Hausmann und Keilhau; eine speciellere Gliederung desselben nach dem Muster des britischen Silurgebietes verdankt man Kjerulf[52]), dessen grundlegende Arbeiten neuerdings durch Broegger[53]) und Kiär[54]) bestätigt und ergänzt wurden.

Ueber die paläozoischen Ablagerungen in den russischen Ostseeprovinzen hatten Strangways (1819), Pander[55]) (1830) und Kutorga (1835—1837) die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen veröffentlicht. Murchison hatte daselbst Silur und Devon erkannt und Ch. Pander (1856—1860) in einer Reihe von ausgezeichneten paläontologischen Abhandlungen die sogenannten Conodonten aus den uralten (cambrischen) Glauconitsanden und die Fischreste aus dem

alten rothen Sandstein Livlands beschrieben. Durch eine meisterhafte, bis ins feinste Detail ausgearbeitete und paläontologisch begründete Gliederung der baltischen Silurbildungen von Fr. Schmidt[56]), welcher (1881—1894) eine Monographie der silurischen Trilobiten[57]) folgte, wurden die russischen Ostseeprovinzen zu einem classischen Gebiet für die älteren paläozoischen Ablagerungen.

Von hohem Interesse ist auch der Nachweis weit verbreiteter silurischer Ablagerungen in den Alpen durch G. Stache.[58])

c) Devon-System.

Während in Großbritannien der Kampf um Cambrium und Silur nicht ohne Erbitterung durchgefochten wurde, machte in Deutschland die Kenntniß des Uebergangsgebirges große Fortschritte. F. Ad. Roemer[59]) bemühte sich, die ungemein schwierigen Verhältnisse im Harz auf paläontologischem Wege durch sorgsame Aufsammlung und Untersuchung der daselbst vorkommenden Versteinerungen zu entwirren. Er beschrieb 1843[60]) eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Korallen, Brachiopoden, Mollusken, Trilobiten und Pflanzen. Ausgehend vom Nordwest-Rande des Harzes, erklärte er den Kalkstein von Iberg, die Schiefer von Rammelsberg u. s. w. für devonisch, den Harzburg-Osteroder Grünsteinzug mit den umgebenden Schichten und der Kalkmasse von Elbingerode für obersilurisch, die im Osten angrenzenden Schichten bis Andreasberg für untersilurisch und den ganzen östlich davon liegenden Theil des Gebirges für cambrisch. Fünf weitere Nachträge vervollständigen die Kenntniß der paläozoischen Fauna des Harzes und berichtigen in manchen Punkten die anfänglichen Ansichten des Verfassers über das Alter verschiedener Ablagerungen.

Wichtige Beobachtungen hatte E. Beyrich[61]) schon 1837 über den Charakter der Versteinerungen des Eifler-, Paffrather- und nassauischen Uebergangskalksteins gemacht. Er betont ihre Verschiedenheit von denen des Kohlenkalks, zeigt daß die Hauptmasse der rheinischen Grauwacke älter ist als der Kalkstein der Eifel und in Nassau, daß jedoch über dem nassauischen Kalkstein mächtige Grauwackenschiefer mit Posidonomya Becheri liegen, deren Versteinerungen mit jenen des Système quartzo-schisteux supérieur in der Provinz Lüttich übereinstimmen. Die Dachschiefer von Wissenbach mit ihren verkiesten

Goniatiten, Orthoceratiten und Trilobiten stellt Beyrich zwischen ältere Grauwacke und Eifler Kalk, den Goniatitenkalk von Oberscheld hält er für eine eigenthümliche vom Eifler Kalk verschiedene Ablagerung. Ueber das rheinische Schiefergebirge veröffentlichte Ferd. Roemer[62]) 1844 eine grundlegende Monographie. Es wird hier das Uebergangsgebirge in zwei Hauptabtheilungen, 1. ältere thonig-sandige Grauwacke, 2. jüngere hauptsächlich kalkige Bildungen, zerlegt. Beide sind nach Gesteinsbeschaffenheit, Verbreitung, Gehalt an Versteinerungen sorgsam beschrieben und mit den Ablagerungen in anderen Ländern, namentlich in Belgien und England, verglichen. Roemer erklärt die ältere Grauwacke im Gegensatz zu Murchison, Sedgwick und Dumont für devonisch und identificiert sie mit dem Terrain Ardoisier und der untersten Abtheilung des Terrain Anthraxifère von Dumont. Die versteinerungsreichen Kalksteine der Eifel, der Gegend von Aachen, Bensberg, Elberfeld, Schwelm, Iserlohn, Balve, Meschede, Brilon entsprechen der unteren Kalksteingruppe des Terrain Anthraxifère, den Kalksteinen in Devonshire und Cornwall. Zu diesen gehören aber auch nach F. Roemer thonige und sandige Grauwacken, welche zwischen Elberfeld und der Sieg, und von Iserlohn bis Olpe bis nach Waldeck einen ausgedehnten Landstrich bedecken und jetzt meist als „Lenne-Schiefer" bezeichnet werden. Murchison hatte dieselben mit der älteren (angeblich silurischen) Grauwacke vermischt. Die Kalksteine und Schalsteine in Nassau (Villmar, Dillenburg, Weilburg, Oberscheld) hält F. Roemer insgesammt für Aequivalente des Eifler Kalks. Die in Westfalen, namentlich bei Brilon, bei Dillenburg und Herborn verbreiteten Grauwackenschiefer, Kieselschiefer und plattigen Kalke mit Posidonomya Becheri werden noch zum obersten Devon gerechnet, und ebenso die von Fr. Adolph Roemer im Harz als cambrisch und silurisch bestimmten Ablagerungen dem Devon zugetheilt.

Die Uebergangsgebilde in Nassau, welche Murchison und Sedgwick theils für silurisch, theils für devonisch erklärt, Beyrich und F. Roemer als ausschließlich devonisch erkannt hatten, wurden von den Gebrüdern Sandberger mit großer Gründlichkeit studiert und unter dem Namen „Rheinisches System" zusammengefaßt. In einer von Fridolin Sandberger*) abgefaßten Abhandlung[63]) ist das rheinische

*) Sandberger Fridolin v., geboren 22. November 1826 zu Dillenburg in Nassau, studierte in Bonn, Heidelberg, Gießen und Marburg, untersuchte mit seinem Bruder Guido das nassauische Devongebiet und wurde 1849

System übereinstimmend mit F. Roemer in drei Gruppen eingetheilt. Die untere enthält die Grauwacke, den Taunusschiefer und die Wissenbacher Dachschiefer; die mittlere Stringocephalenkalk, Dolomit, Schalstein und Cypridinenschiefer; die obere (kohlige) Gruppe den Posidonomyenschiefer. In einem zweiten, prachtvoll ausgestatteten Werk[64]) sind alle im nassauischen Uebergangsgebirge vorkommenden thierischen und pflanzlichen Versteinerungen beschrieben und abgebildet. Eine von Dumont[65]) versuchte Gliederung der unteren Grauwacke (Spiriferensandstein) nach petrographischen Merkmalen in zwei Systeme Coblentzien und Ahrien wird abgelehnt und auch die Selbständigkeit des angeblich älteren Terrain Ardennais bezweifelt. Die Posidonomyenschiefer werden jetzt als litorale Ablagerungen erkannt, auf Grund ihrer Versteinerungen aus dem rheinischen resp. devonischen System entfernt und über den Bergkalk gestellt.

Die Verbreitung und Gliederung silurischer, devonischer und Culm-Bildungen in Thüringen wurden durch Richter[66]) und später durch Liebe und Zimmermann eingehend studiert; im sächsischen Voigtland hatte Geinitz[67]) schon 1852 silurische Graptolithenschiefer entdeckt; die cambrischen, silurischen und devonischen Ablagerungen im Fichtelgebirge wurden 1879 von C. W. v. Gümbel[68]) in eingehendster Weise geschildert.

Allgemeineres Interesse beanspruchen die Arbeiten von A. Dumont und Gosselet über das Paläozoicum in Belgien. Dumont unterschied (1848) in seinem Terrain Ardennais die Systeme Devillien, Revinien und Salmien. Das Terrain Rhénan enthält die Systeme Gedinnien, Coblentzien und Ahrien, dem Terrain Rhénan folgt das Terrain Anthraxifère mit den Systemen Eifelien, Condrusien und Houiller. Dumont[69]) kümmerte sich wenig um die geologischen Verhältnisse anderer Länder, er hatte die Ueberzeugung, daß die gleiche Fauna niemals über die ganze Erde verbreitet war, daß es zu allen Zeiten thier- und pflanzengeographische Reiche gab, und daß darum die Versteinerungen nur mit Vorsicht zur Parallelisierung gleichaltriger Ablagerungen zu verwenden seien. Dumont's Gliederung ist lediglich auf Belgien zugeschnitten, jedoch stratigraphisch und lithologisch vortrefflich begründet. De Koninck und Murchison suchten dieselbe

---

Director des naturhistorischen Vereins in Wiesbaden, von 1854 bis 1863 Professor der Mineralogie und Geologie am Polytechnicum in Karlsruhe, 1863 ordentlicher Professor in Würzburg; starb am 11. April 1898.

mit Großbritannien und den benachbarten Gebieten in Einklang zu bringen und stellten das ganze Terrain Ardennais, sowie das System Gedinnien ins Silur, die Systeme Coblentzien, Ahrien, Eifelien und den unteren Theil des Condrusien ins Devon. Durch die grundlegenden Untersuchungen von J. Gosselet[70]), welche sich über einen Zeitraum von mehr als dreißig Jahren erstrecken, sind jetzt die älteren paläozoischen Ablagerungen Belgiens und der Ardennen in musterhafter Weise studiert. Besondere Aufmerksamkeit schenkte Gosselet dem Devon, worin die Etagen Gedinnien, Coblentzien und Eifelien in der unteren, Givétien in der mittleren, Frasnien und Fammenien in der oberen Abtheilung unterschieden werden. Um die Kenntniß und speciellere Gliederung der devonischen Ablagerungen im rheinischen Schiefergebirge haben sich nach F. Roemer, v. Dechen und den Gebrüdern Sandberger besonders Em. Kayser[71]), Holzapfel, Maurer, Frech und die Geologen der preußischen geologischen Landesanstalt, namentlich C. Koch, Verdienste erworben. Im Harz beschäftigten sich nächst Fr. Ad. Roemer, Giebel[72]), Trenkner[73]), Em. Kayser[74]) und Beushausen[75]) mit der paläozoischen Fauna; völlige Klarheit über das Alter und die Gliederung der dortigen Silur- und Devonbildungen haben jedoch erst die neuesten Aufnahmen der preußischen Landesanstalt durch M. Koch geschaffen. Von Ch. Barrois und Oehlert wurden die devonischen Schichten in der Bretagne und dem unteren Loire-Gebiet eingehend untersucht, während die versteinerungsreiche Gegend von Cabrières bei Montpellier eine Reihe wichtiger Publicationen aus der Feder von Fournet, v. Koenen, Frech, de Rouville u. A. hervorgerufen hat. Ueber das spanische Devon liegen von de Verneuil, Casiano da Prado, Schulz und Ch. Barrois grundlegende Arbeiten vor; in den Ostalpen endlich wurden devonische Ablagerungen von Hoernes, Penecke und Frech eingehend untersucht und beschrieben.

d) Carbon-System.

Geringere Schwierigkeiten als die drei ältesten paläozoischen Systeme, von denen Frech in der Einleitung seiner Lethaea palaeozoica (1897) eine erschöpfende Darstellung bietet, hat die Abgrenzung und Gliederung der Steinkohlen-Formation oder des Carbon-Systems bereitet. Schon Omalius d'Halloy faßte 1808 den

belgischen Kohlenkalk, die Sandsteine, Schieferthone und Kohlenflötze des Steinkohlengebirges unter dem Namen Terrain bituminifère oder houiller zusammen, und ebenso enthält das Carboniferous-System von Conybeare und Phillips (1822) Kohlenkalk, Millstone grit und Coal Measures, fügt denselben aber auch noch den Old red Sandstone als untere Abtheilung bei. Murchison und Sedgwick versetzten 1839 den alten rothen Sandstein ins Devon und erkannten in den sogenannten Culm beds von Devonshire und den Schiefern mit Posidonomya Becheri in Deutschland ein sandig-schieferiges, wahrscheinlich litorales Aequivalent des Kohlenkalks. Die von Omalius vorgeschlagene Zweitheilung des Carbon-Systems wurde fast allgemein angenommen und auf Dechen's Vorschlag die obere Abtheilung vielfach als productive Steinkohlenformation bezeichnet. Mit der Fauna und Gliederung des Kohlenkalks hat sich de Koninck*) mehr als ein halbes Jahrhundert lang beschäftigt. Seine Monographie[76]) der fossilen Thiere des belgischen Kohlenkalks nebst einem fast gleichzeitig erschienenen Werk von M'Coy[77]) über die Versteinerungen des irischen Kohlenkalks und einer etwas älteren Monographie von J. Phillips[78]) über das Kohlengebirge in Yorkshire bilden noch heute die Grundlagen aller paläontologischen Arbeiten über die Kohlenkalkfauna in Europa. de Koninck hat später eine neue Bearbeitung der belgischen Kohlenkalkfauna unternommen, doch ist das prachtvoll ausgestattete Werk[79]) leider nicht mehr zum Abschluß gekommen. Schon in seiner ersten Monographie macht de Koninck auf die Verschiedenheit der Faunen bei Tournay und Visé aufmerksam und glaubt diese durch Annahme von zwei gesonderten Becken erklären zu dürfen. Später[80]) erklärt er den Kalkstein von Visé für älter als den von Tournay im Gegensatz zu Dumont, welcher (1830) für das höhere Alter der Schichten von Tournay eingetreten war.

Gosselet unterscheidet 1860 eine untere, durch Spirifer Tornacensis (anfänglich mit Spirifer Mosquensis verwechselt), eine mittlere durch Spirifer cuspidatus und Goniatites sphaeroidalis und eine obere durch Productus giganteus und undatus charakterisierte Abtheilung. Der Kalkstein von Visé enthält nach der neuerdings

*) de Koninck Laurent-Guillaume, geboren 1809 in Löwen, studierte in seiner Vaterstadt Medicin und Chemie, wurde Professor der Chemie in Lüttich, beschäftigte sich aber mit Vorliebe und nach seinem Rücktritt von der Professur (1876) fast ausschließlich mit Paläontologie; starb am 15. Juli 1887.

durch Dupont[81]) bestätigten Ansicht Dumont's die jüngere, jener von Tournay die ältere Fauna. In England hatte Phillips im Kohlenkalk von Yorkshire drei Stufen erkannt: a) eine untere, aus schieferigem Kalkstein und Sandstein bestehende Abtheilung, b) eine mittlere, der eigentliche Bergkalk mit reicher mariner Fauna, und c) eine obere, die Yoredale-Series mit schieferigen und sandigen Gesteinen, Kalkstein und Kohlenflötzen. Im rheinischen Gebiet, am Harz, in Thüringen, im Fichtelgebirge und in den Sudeten ist die untere Abtheilung des Carbon-Systems vorzugsweise durch die Culmfacies vertreten, mit deren Flora und Fauna sich besonders Richter, Stur, v. Koenen und Holzapfel beschäftigt haben. In den Ostalpen wurde ächter Kohlenkalk bei Bleiberg und Pontebba in Kärnthen schon 1824 durch L. v. Buch, allerdings unter der vagen Bezeichnung Uebergangskalk, nachgewiesen. de Koninck[82]) hat dessen Fauna 1873 beschrieben. Darüber folgen im Gailthal und an verschiedenen anderen Stellen der Karnischen Alpen dunkle Schiefer und Kalksteine, worin Tietze und Stache[83]) (1872) Bänke voller Fusulinen nachwiesen. Die Bedeutung dieser Entdeckung wurde erst völlig gewürdigt, als man in Rußland beobachtete, daß über dem ächten, unteren Kohlenkalk mit Productus giganteus zunächst die Kalksteine mit Spirifer Mosquensis von Miatschkowo und Podolsk[84]) im Moskauer Becken folgen, und daß diese von einem mächtigen Schichtencomplex überlagert sind, worin im Ural[85]) und namentlich im Donetzbecken[86]) Steinkohlenflötze mit Fusulinenkalken abwechseln. Aus dem paläontologischen Inhalt dieser jungen Schichtenreihe folgerte v. Möller im Jahre 1871, daß dieselbe mit der productiven Steinkohlenformation des westlichen Europas identisch sei, und daß somit das Carbonsystem ein einheitliches Ganze bilde. Auch in Nordamerika, wo die Steinkohlenformation eine außerordentlich weite Verbreitung besitzt und in der Regel aus einer unteren marinen (Subcarboniferous Group) und einer oberen productiven Abtheilung mit Kohlenflötzen (Coal Measures) zusammengesetzt erscheint, stellen sich in den westlichen Staaten, namentlich in Illinois, Nebraska und Missouri Fusulinenkalke an Stelle oder zwischen den kohlenführenden Ablagerungen ein. Im unteren Kohlenkalk haben die amerikanischen Geologen eine Anzahl von Stufen unterschieden, die jedoch nur locale Bedeutung besitzen.

Ueber die stratigraphischen Verhältnisse der productiven Steinkohlenformation liegen selbstverständlich nicht nur aus allen euro-

päischen Ländern, sondern auch aus den übrigen Welttheilen eingehende Detailbeschreibungen vor. Flötzkarten im größten Maßstab gewähren Aufschluß über den mannigfaltigen Wechsel von Sandstein, Conglomerat, Schieferthon und Kohlenflötzen, über die Lagerungsverhältnisse und Störungen, von denen viele dieser Ablagerungen später betroffen wurden. In Deutschland haben v. Dechen und Nasse vortreffliche Flötzkarten über das Saarbecken, Lottner (1868) über das westfälische Kohlengebirge und Laspeyres (1875) über die Steinkohlenablagerungen der Gegend von Halle veröffentlicht. Ferd. Roemer hat 1870 eine genaue Beschreibung der oberschlesischen, Schütze 1882 der niederschlesisch-böhmischen Steinkohlendistricte geliefert. Eingehende Studien über die sächsischen Steinkohlenablagerungen liegen von H. B. Geinitz (1856), sowie von der sächsischen geologischen Landesanstalt vor. Geinitz glaubte für Sachsen zwei paläontologisch verschiedene Zonen in der productiven Steinkohlenformation feststellen zu können, wovon die untere hauptsächlich Sigillarien, die obere mehr Calamiten und Farne enthält; auch E. Weiß hat für die Steinkohlenformation des Saarbeckens eine Gliederung in eine obere flötzarme Abtheilung mit Farnen, Anthracosien und Leaia (Ottweiler Schichten) und in eine ältere flötzreiche mit Sigillarien, Lepidodendron, Farnen 2c. (Saarbrücker Schichten) vorgeschlagen. Aehnliche Eintheilungen finden sich bei Schütze und Stur, allein sie haben nur locale Bedeutung. Die Einheitlichkeit der productiven Steinkohlenflora scheint sich nicht nur in Europa, sondern in allen Welttheilen zu bestätigen.

Zusammenfassende Darstellungen der productiven Steinkohlenformation finden sich in dem schön ausgestatteten Werk „Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas“ von Geinitz, Fleck und Hartig (München 1865), sowie in der kürzer gefaßten „Geologie der Kohlenlager“ von H. Mietsch (Leipzig 1875).

e) Permisches System.

Das jüngste System des paläozoischen Zeitalters spielt in der Geschichte der Stratigraphie eine sehr bemerkenswerthe Rolle. Mit Rothliegendem, Kupferschiefer, Zechstein und den dazu gehörigen Zwischenschichten befaßten sich die ältesten stratigraphischen Untersuchungen von Lehmann und Füchsel in Thüringen. Diese Ablagerungen nehmen in der Formationslehre der Werner'schen Schule einen

breiten Raum ein und bildeten bis gegen 1830, wenigstens in Deutschland, den Kernpunkt der mittleren Flötzformationen. Freilich wurde mit dem Zechstein meist auch Jurakalk und „Alpenkalk" verwechselt, dagegen hatten in England Conybeare und Phillips ganz richtig im Magnesian limestone und in den rothen Conglomeraten von Devonshire die dem thüringischen Zechstein und Rothliegenden gleichaltrigen Ablagerungen erkannt. Von Freiesleben wurden 1807 sämmtliche Sedimentär-Gesteine Thüringens zwischen dem Rothliegenden und Muschelkalk in musterhafter Weise beschrieben und unter der Bezeichnung Kupferschiefergebirge zusammengefaßt. Omalius d'Halloy bezeichnete 1808 diesen Complex als Terrain Penéen, indem er mit diesem Namen die Armuth an Versteinerungen ausdrücken wollte. Später, in der 2. Auflage seiner Elemente der Geologie (1834) beschränkte Omalius das Penéen auf Zechstein, Kupferschiefer und Rothliegendes und acceptierte für Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper die von Alberti eingeführte Bezeichnung Trias. 1841 zeigte Rod. Murchison, daß im Gouvernement Perm, sowie in einem ansehnlichen Theil des östlichen europäischen Rußlands Ablagerungen vom Alter des Rothliegenden und Zechsteins eine ungeheuere Verbreitung besitzen, und daß daher Rußland als typisches Gebiet für die fraglichen Formationen gelten dürfe. Aus diesem Grund schlug er für alle Ablagerungen zwischen der Steinkohlenformation und der Trias den Namen „Permisches System" vor und betrachtete dasselbe als jüngstes Glied des Paläozoicums. Diese Bezeichnung verdrängte rasch den Namen Terrain Penéen, insbesondere nachdem sie durch die wichtige Monographie von Geinitz und Gutbier[87]) über die Versteinerungen des deutschen Zechsteins und Rothliegenden empfohlen worden war. Gegen den Vorschlag Murchison's erhob indeß J. Marcou 1859 lebhafte Einsprache, indem er die Beweiskräftigkeit einer Anzahl der russischen Profile bemängelte und einen erheblichen Theil der angeblich permischen Ablagerungen zum Buntsandstein gestellt wissen wollte. Marcou gebührt das Verdienst, im Jahre 1853 zwischen dem Mississippi und dem Rio Colorado zuerst dolomitische Kalksteine, Mergel, Schiefer und Conglomerate als Aequivalente des permischen Systems erkannt zu haben, dessen Verbreitung bald nachher (1858) von Shumard in Neumexico, von Meek, Swallow und Hawn in Kansas, von Worthen in Illinois, Missouri und Nebraska, von Cope und White in Texas constatiert

wurde. Marcou glaubte, die deutsche Zweitheilung auch in Nordamerika erkennen zu können und schlug darum statt Permian-System den wohlklingenden Namen Dyas vor[88]), indem er gleichzeitig Dyas und Trias als Glieder einer großen Periode vereinigte, welche er als der Grauwacken-Periode (Silur, Devon) und der Secundär-Periode (Jura und Kreide) gleichwerthig erachtete. Obwohl der beste Kenner der permischen Ablagerungen, H. B. Geinitz[89]), in einer prächtig ausgestatteten Monographie, worin nach einer kurzen geologischen Einleitung nahezu alle bekannten Versteinerungen dieser Formation beschrieben und abgebildet sind, die Bezeichnung Dyas annahm und in allen späteren Publicationen daran festhielt, so ließ sich doch der eingebürgerte Murchison'sche Name nicht mehr verdrängen.

Eine speciellere Gliederung des Rothliegenden in Deutschland wurde zuerst von E. Weiß[90]) im Saargebiet angestrebt. Weiß wies zunächst die paläontologische Uebereinstimmung der Fische, Amphibien und Pflanzen-führenden Lebacher Schichten des Saarbeckens mit dem Rothliegenden in Niederschlesien und Böhmen nach und versetzte auch die darunter liegenden sogenannten Cuseler Schichten auf Grund ihrer abweichenden Flora aus der Steinkohlenformation in das untere Rothliegende. Dieser unteren Abtheilung mit theilweise bauwürdigen Kohlenflötzen steht das obere Rothliegende gegenüber, während dessen Entstehung mächtige Ergüsse von Eruptivgesteinen (Porphyr, Porphyrit, Melaphyr rc.) erfolgten, aus deren Trümmern das obere Rothliegende großentheils zusammengesetzt ist. Eine ähnliche Eintheilung führten E. Beyrich und die preußischen Landesgeologen auch im Harz, in Thüringen und Schlesien, Credner und Sterzel in Sachsen durch. Ueber die Zusammensetzung der oberen Dyas- oder Zechsteingruppe liegen schon aus dem vorigen Jahrhundert von Lehmann und Füchsel und später von Freiesleben so genaue Beobachtungen vor, daß die neueren Specialaufnahmen nur wenig daran verbessern konnten. Im französischen Centralplateau, namentlich bei Autun und im Departement Hérault zeigt das Permsystem eine ähnliche Zusammensetzung wie im Saargebiet; dagegen entsprechen die englischen Ablagerungen mehr der Thüringer Entwickelung und bestehen aus Rothliegendem (lower new red Sandstone), bituminösen Schiefern, Magnesian limestone, Dolomit, Mergeln und Gyps. Ueber die Versteinerungen des englischen Zechsteins veröffentlichte W. King eine wichtige Monographie.[91])

In den Alpen sind der Grödner Sandstein und Conglomerate (Verrucano) Aequivalente des Rothliegenden, wie dies von Sueß 1868 durch charakteristische Pflanzenreste nachgewiesen werden konnte; darüber folgen bei Neumarkt und in den Venetianer Alpen Dolomite und Schieferthone, deren Alter nach Gümbel jenem des Kupferschiefers entspricht und als oberstes Glied folgt ein schwarzer Kalkstein mit Bellerophon und einer ziemlich reichen Fauna, die durch G. Stache[92]) als gleichalterig mit der des Zechsteins beschrieben wurde.

Während in den bisher genannten Gebieten das permische System fast überall aus zwei petrographisch scharf geschiedenen Gliedern zusammengesetzt erscheint, machte Karpinsky 1874 im Ural die bedeutsame Beobachtung, daß über den obercarbonischen Fusulinenkalken concordant eine sandig-mergelige, kohlenführende Schichtenreihe folgt, welche eine reiche marine, aus carbonischen, permischen und eigenthümlichen neuen Formen zusammengesetzte Mischfauna enthält. Karpinsky[93]) betrachtet diese „Artinskische Etage“ als eine Uebergangsstufe zwischen Carbon und Perm und die russischen Geologen wie Tschernitschew, Krotov u. A., welche diese Stufe im Ural in weiter Verbreitung nachwiesen, bezeichnen sie vielfach als Permo-Carbon. Krassnopolsky sucht ihre Identität mit dem untersten Rothliegenden zu beweisen. Die Fauna der Artinsk-Stufe wurde von Stuckenberg im Timan-Gebiet des Petschoralandes, von Abich[94]) bei Djulfa am Araxes in Armenien, von Meek und Geinitz[95]) in Nebraska nachgewiesen und findet sich in dem unteren und mittleren Productus-Kalk der Salt Range in Ostindien, wo sie von marinen Schichten mit einer jung-permischen Fauna (oberer Productus-Kalk) bedeckt wird. Die Fauna der ostindischen Productus-Kalke bildet den Inhalt eines umfangreichen Prachtwerkes von W. Waagen.[96]) Mit der Artinsk-Stufe dürften auch die 1882 im Sosiothal in Sicilien entdeckten Fusulinenkalke mit ihrer ungemein artenreichen, von G. Gemmellaro[97]) beschriebenen Fauna im Alter übereinstimmen. Frech[98]) stellt die Fusulinenkalke der karnischen Alpen in das obere Carbon, während Schellwien[99]) wenigstens in den hellen Fusulinenkalken von Krain die Fauna des Permo-Carbons nachzuweisen im Stande war.

In höchst eigenthümlicher Ausbildung erscheinen die jüngsten paläozoischen und ältesten mesozoischen Ablagerungen im centralen und südlichen Indien. Statt mariner Schichten finden sich dort

lediglich Süßwasserablagerungen und zwar in Gestalt von Conglomeraten, Sandsteinen und Schieferthonen mit Kohlenflötzen. Sie wurden im Jahr 1856 zuerst bei Talchir eingehender durch die Gebrüder Blanford[100]) und Theobald untersucht und in vier Stufen (Nagpur-, Talchir-, Damuda- und Mahedewa-Gruppe) gegliedert und davon die zwei unteren dem permischen System, die zwei oberen dem Buntsandstein zugetheilt. Die Talchir-Gruppe besteht aus Conglomeraten mit großen Blöcken für deren Transport W. T. Blanford die Mitwirkung von Gletschern oder schwimmenden Eisbergen zu Hilfe nimmt und daraus eine paläozoische Eiszeit ableitet. Der ganze weitverbreitete 6—7000 Meter mächtige Schichtencomplex indischer Süßwasserbildungen erhielt später durch Medlicott den Namen Gondwana-System und repräsentiert in seinen verschiedenen, innig verbundenen Abtheilungen den enormen Zeitraum zwischen dem Ende der Carbonzeit und dem oberen Jura. Die Untergruppen des Gondwana-Systems sind zahlreich und besonders in den oberen Regionen für jede Gegend eigenthümlich ausgebildet. Fast überall nehmen die Talchir-Conglomerate mit ihren gewaltigen Blöcken und gekritzten Geschieben die unterste Stelle des gesammten, häufig discordant auf der Unterlage ruhenden Complexes ein. In den gegenwärtig zur unteren Abtheilung des Gondwana-Systems gerechneten Kahabari-, Damuda- und Panchet-Schichten treten Kohlenflötze, begleitet von Pflanzen auf, unter denen die Gattungen Glossopteris und Gangamopteris vorherrschen. Die ganze, ziemlich reiche Flora, sowie die mitvorkommenden Wirbelthiere (Stegocephalen und Anomodontier) zeigen ein eigenthümliches Gepräge und lassen sich mit europäischen Formen schwer vergleichen; allein aus dem gänzlichen Mangel von ächt carbonischen Pflanzentypen darf auf ein jüngeres Alter als Carbon geschlossen werden, und da die oberen Gondwana-Schichten in ihrer untersten Rajmahala-Stufe eine Flora von entschieden triasischem Gepräge einschließen, so dürfen die unteren Gondwana- oder Glossopteris-Schichten wohl als zeitliches Aequivalent des Perm-Systems betrachtet werden. Mit dieser Annahme stimmen auch die Beobachtungen aus Süd- und Ostafrika, aus Südaustralien und Brasilien überein, wo ebenfalls limnische Sandsteine, Conglomerate und Schiefer mit Kohlenflötzen den Schluß des Paläozoicums bilden. Von Wichtigkeit für die Altersbestimmung des fraglichen Schichten-Complexes ist der in jüngster Zeit erfolgte Fund von Glossopteris im russischen Perm,

sowie die Constatierung von permischen Anthracosien in den unteren, seit Beginn der sechziger Jahre genauer bekannten Karoo-Schichten Südafrikas durch Amalitzky.

Die innige Verbindung des permischen Systems mit der Trias in der ganzen südlichen Hemisphäre, in Indien und Rußland bestätigt bis zu einem gewissen Grad die Anschauungen von Conybeare, welcher 1832 den Magnesian Limestone nebst den rothen Conglomeraten und den Buntsandstein als eine zusammengehörige „pöcilithische" Gruppe bezeichnet hatte. Von Al. Brongniart war der Name Pöcilien bereits 1829 für den Buntsandstein allein angewandt worden; dagegen bezeichnet Buckland in seinem vielfach copierten idealen Durchschnitt der Erdkruste, welcher den 3. Band seiner Geologie und Mineralogie begleitet, Rothliegendes, Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper als „Poikilit-System". Ebenso stimmten J. Marcou (1859), John Phillips (1871), und das englische Comité des internationalen Geologen-Congresses in London (1888) für die Vereinigung von Dyas und Trias zu einer eigenen Gruppe des mesozoischen Zeitalters.

Auf dem Continent und in Nordamerika herrschte eine entgegengesetzte Strömung. Nicht nur folgte man Murchison's Beispiel, indem man Rothliegendes und Zechstein als Schlußglieder des Paläozoicums ansah, sondern die nahe Verwandtschaft der Floren und Faunen des Rothliegenden und Zechsteins und des Carbons rief vielfache Zweifel an der Selbständigkeit des permischen Systems hervor. So hatte de Lapparent in den zwei ersten Auflagen seines ausgezeichneten Lehrbuchs der Geologie Carbon- und Permsystem unter dem Namen Système permo-carbonifère vereinigt und C. W. v. Gümbel gebrauchte für die Dyas die Bezeichnung Postcarbon-System, um die Beziehungen zur Steinkohlenformation hervorzuheben.

f) Trias-System.

Mit dem Buntsandstein und Muschelkalk tritt im westlichen und südlichen Europa eine große Umgestaltung in Pflanzen- und Thierwelt ein. Es beginnt damit das mesozoische Zeitalter, das jetzt allgemein in drei Systeme oder Formationen: Trias, Jura und Kreide eingetheilt wird. Schon im vorigen Jahrhundert hatten Lehmann und Füchsel in Thüringen Buntsandstein und Muschelkalk als selbständige Glieder des Flötzgebirges erkannt und sehr bestimmt

von Rothliegendem und Zechstein geschieden. Auch die charakteristischen Versteinerungen des Thüringer Muschelkalks sind in Schlotheim's Nachträgen zur Petrefaktenkunde (1823) vortrefflich beschrieben und abgebildet. Trotzdem herrschte in Süddeutschland über das Alter des Buntsandsteins und des darüber liegenden Kalksteins noch ziemlich lange Unsicherheit, weil man vielfach (v. Leonhard, Charpentier, Rengger, Voltz, Schübler u. A.) den Buntsandstein mit dem norddeutschen Rothliegenden und den grauen Kalkstein (Muschelkalk) mit dem Zechstein verwechselte, ja Selb (1805) und Hehl (1823) glaubten dem Buntsandstein ein noch höheres Alter zuerkennen zu müssen. Auch Peter Merian war in seiner ersten Abhandlung über die geologischen Verhältnisse der Gegend von Basel[101]) über die stratigraphische Stellung des Buntsandsteins unsicher, zeigt jedoch, daß derselbe sowohl im Schwarzwald als in den Vogesen von einem rauchgrauen, an Terebrateln und Muscheln reichen Kalkstein und dieser wieder von bunten Mergeln mit untergeordneten Lagern von Sandstein und Gyps bedeckt sei. Die zwei letzten Gruppen stellt Merian zur Formation des Jurakalksteins. In Norddeutschland hatten L. Hausmann (1824) und Fr. Hoffmann (1823 und 1830) fast gleichzeitig die Beziehungen des bunten Sandsteins, Muschelkalks und der darüber liegenden Mergel und Thone zu einander und zu dem Zechstein (Gryphitenkalk) und Rothliegenden vollständig klar gelegt und 1823 hatte Hausmann auch bei Heidelberg unmittelbar unter dem bunten Sandstein Conglomerate und „Porphyrgebilde" nachgewiesen, welche in vielen Stücken mit dem sogenannten rothen Liegenden in Thüringen, am Harz, in Hessen u. s. w. übereinstimmten. Vollständige Sicherheit über die Beziehungen des Rothliegenden und Kupferschiefers zum Buntsandstein in Süddeutschland schufen übrigens erst v. Oeynhausen, v. Dechen und v. La Roche in ihrer für die damalige Zeit geradezu meisterhaften Schilderung der geologischen Verhältnisse der oberrheinischen Grenzgebirge.[102]) Mit großer Genauigkeit sind hier Buntsandstein, Muschelkalk (rauchgrauer Kalk) und die bunten Mergel, für welche jetzt die aus dem Koburgischen stammende und von Leop. v. Buch in einem Brief an P. Merian zuerst vorgeschlagene Benennung „Keuper" angewandt wird, beschrieben. Abgesehen von einer musterhaften Abhandlung von Voltz über die Umgebung von Vic und einer Anzahl Schriften von localem Charakter von Merian, Langsdorf, Steininger, Gaillardot u. A.

lagen wenig brauchbare Vorarbeiten vor, und es verdient darum der umfangreiche Reisebericht der drei oben genannten Autoren, welcher sich über Schwarzwald, Vogesen, Lothringen, die Pfalz, Rheinpreußen, Württemberg, den Odenwald und Spessart erstreckt, um so größere Anerkennung. Besondere Berücksichtigung finden die Einlagerungen von Salz, Gyps und Dolomit im Muschelkalk, welche sehr richtig von jenen im Keuper bei Vic und Dieuze in Lothringen geschieden werden.

Mit den halurgischen Verhältnissen beschäftigt sich auch sehr eingehend Friedr. v. Alberti[103]) in einer geognostischen Uebersicht des Königreichs Württemberg, worin der rothe Sandstein, der Muschelkalk mit seinen Einlagerungen von Gyps, Anhydrit und Steinsalz, sowie die darüber liegenden bunten Thone, Gyps und Sandsteine in sehr genauer Weise erörtert sind. Eine ähnliche Arbeit über die entsprechenden Bildungen im südlichen Schwarzwald lieferte (1831) Peter Merian.[104]) Noch ausführlicher ist die prächtige Beschreibung der Vogesen und der angrenzenden Theile Frankreichs, womit Elie de Beaumont[105]) seine geologische Laufbahn eröffnete. Im Gegensatz zu allen übrigen Beobachtern unterscheidet der berühmte französische Geologe in dem Sandsteingebirge der Vogesen drei Abtheilungen: 1. den unteren rothen Sandstein mit Conglomeraten und rothem Thon, 2. den Vogesensandstein und 3. den oberen bunten Sandstein (grès bigarré). Der Vogesensandstein ist nach Elie de Beaumont eine selbständige, theils dem Rothliegenden, theils dem Zechstein entsprechende Formation, nach deren Ablagerung angeblich die Erhebung der Vogesen und des Schwarzwaldes erfolgte. Der Buntsandstein liegt zuweilen discordant über demselben oder kann durch starke Verwerfungen davon geschieden sein; dagegen sind Muschelkalk und Keuper (marnes irrisées) aufs innigste mit ihm verbunden. Die bunten Mergel enthalten in Lothringen Steinsalz und Gypslager und werden durch einen dolomitischen Horizont in eine untere und eine obere Abtheilung geschieden.

Im Jahre 1834 erschien die grundlegende Monographie[106]) von Fr. v. Alberti*), worin Buntsandstein (Vogesensandstein), Muschelkalk und Keuper zuerst unter dem für Deutschland glücklich ge-

---

*) Alberti Friedrich August v., geboren 1795 in Stuttgart, studierte in seiner Vaterstadt Berg- und Cameralwissenschaft, wurde 1815 Beamter an der Saline Sulz und 1820 Salineninspector in Friedrichshall. Er erbohrte bei

wählten Namen Trias als einheitliche Formation zusammengefaßt sind. Alberti stützt sich zunächst auf seine eigenen Beobachtungen im südwestlichen Deutschland und bringt sodann mit diesen die aus anderen Gebieten (Elsaß, Norddeutschland, England, Frankreich, Pfalz, Rheinland, Polen, Oberitalien) bekannten Thatsachen in Verbindung. Jedes der drei Hauptglieder der Trias zerfällt in verschiedene Abtheilungen oder Stufen, die alle stratigraphisch, lithologisch und paläontologisch in sorgfältigster Weise begründet werden.

Die Alberti'sche Gliederung der Trias ist für Deutschland maßgebend geblieben, wenn sie auch später kleine Veränderungen erlitten hat. Auch im Ausland bürgerte sich der Name Trias rasch ein, obwohl in England, wie bereits W. Smith gezeigt hatte, der Muschelkalk vollständig fehlt. Ueber die Entwickelung des Buntsandsteins und Keupers in Großbritannien geben Conybeare und Phillips (1882), Strickland (1833—1837), Murchison und Buckland (1839) Auskunft. Ueber den Keuper von Lothringen schrieb J. Levallois[107]) eine treffliche Abhandlung, in welcher die lothringischen und schwäbischen Ablagerungen genau mit einander verglichen werden. Die Flora des bunten Sandsteins wurde durch Schimper und Mougeot[108]) ausgebeutet und monographisch bearbeitet. Eine gedrängte Uebersicht der Trias lieferte Fr. A. Quenstedt[109]) in seinem „Flötzgebirge Württembergs". Da dieser feine Beobachter in einigen Fragen von Alberti abweicht und die Meinungsdifferenz der beiden Autoren sich wie ein rother Faden durch die ganze Triasliteratur des südwestlichen Deutschlands fortspinnt, so mögen die beiden Anschauungen durch die Tabelle auf Seite 616 angedeutet werden.

Die Differenzen der zwei Gliederungen beziehen sich lediglich auf die Zutheilung gewisser Grenzschichten zu der einen oder anderen Gruppe. So behandelt Quenstedt im Text den Wellendolomit beim Buntsandstein, stellt ihn aber in der Uebersichtstabelle zum Muschelkalk. Die Lettenkohlengruppe wird von Alberti zum Keuper, von Quenstedt zum Muschelkalk gerechnet. Beide Autoren haben ihre Classification auch in späteren Publicationen beibehalten, nur versetzt

Schwenningen Steinsalz, wurde 1836 Bergrath und von 1852 bis 1870 Salinenverwalter in Friedrichshall, woselbst er erfolgreich einen Schacht abteufte; starb 1878 in Heilbronn.

v. Alberti 1834.			Quenstedt 1843.
Bunte Mergel-, Gyps- und Sandstein-Gruppe	Sandstein von Täbingen (zu oberst mit vielen Zähnen und Knochenresten) Stubensandstein und bunte Mergel Dolomitische Steinmergel Schilfsandstein Gyps und bunte Mergel	Keuper	e) Gelbe harte Sandsteine und fruchtbare rothe Thone d) Weißer Sandstein (Stubensandstein) c) Buntscheckige Mergel (Sandstein mit Thierfährten Dolomitische Steinmergel) b) Grüner und rothscheckiger Sandstein mit Kohlenresten u. vielen Pflanzen (Schilfsandstein) a) Gyps und Mergel.
Lettenkohlen-Gruppe	Grauer Dolomit u. rauchgrauer Kalk Lettenkohlensandstein Lettenkohle mit Schieferletten und Gyps	Muschelkalk	d) Lettenkohle (Flammendolomit, Kohlen, Letten und grauer Sandstein)
Kalkstein von Friedrichshall	Dolomitischer Kalkstein Kalkstein von Friedrichshall Rogenstein Encrinitenkalk		c) Hauptmuschelkalk Bonebed Dolomit oder rauher Kalk mit Pemphyx Thonige Kalkplatten mit vielen Versteinerungen Schaum- und Stylolithenkalk
Anhydrit-Gruppe	Dolomit, Mergel, Zellenkalk, Stinkkalk Gyps, Anhydrit, Thon und Steinsalz		b) Salzgebirge Zellenkalk Gyps, Anhydrit, Thon, Salz und Kalkbänke
Wellenkalk-Gruppe	Wellenkalk Wellendolomit		a) Wellenkalk. Wellendolomit.
Buntsandstein-Gruppe	Bunte, meist rothe Thone mit Gyps und Salz Buntsandstein Vogesensandstein	Buntsandstein	b) Thoniger Sandstein mit rothen Letten a) Kieseliger Sandstein, häufig getigert.

Alberti in seinem zweiten wichtigen Werk über die Trias, worin sämmtliche in der außeralpinen Trias vorkommenden Versteinerungen aufgezählt und theilweise auch beschrieben und abgebildet sind, den dolomitischen Kalkstein (Trigonodus-Dolomit Sandberger's) über dem Friedrichshaller Kalk in die Lettenkohlengruppe.

Nennenswerthe Aenderungen in der Gliederung der süddeutschen und linksrheinischen Trias sind seit der grundlegenden Publication

von Alberti nicht mehr vorgenommen worden, nur der Trigonodus-Dolomit wurde bald zum Muschelkalk (Jacquot, Sandberger, Gümbel, Benecke), bald zur Lettenkohle (Alberti, die Geologen der preußischen geologischen Anstalt) gestellt. In Thüringen und Schlesien fehlt derselbe vollständig. Den sogenannten Grenzdolomit (v. Seebach) über der Lettenkohle hatte Alberti und nach ihm H. Credner irrthümlicher Weise mit dem von Elie de Beaumont aus Lothringen beschriebenen höheren Dolomit über dem Schilfsandstein (Horizont Beaumont's, Lehrbergschichten Gümbel's) verwechselt. Was die Stellung der Lettenkohlengruppe betrifft, so schließen sich Eb. Fraas, van Werveke und Benecke entschieden an Quenstedt an, während die Mehrzahl der Autoren wie Naumann, Gümbel, Sandberger, Credner u. A. Alberti folgen.

Aus der späteren Literatur über deutsche Trias sind besonders hervorzuheben im nordwestlichen Deutschland eine ausgezeichnete Abhandlung von A. v. Strombeck (1849) über den Muschelkalk von Braunschweig, die Schriften von Heinr. Credner, E. Schmid und Giebel über die Gegend von Jena, Halle und Thüringen, von C. v. Seebach über den Muschelkalk und von Bornemann über die Lettenkohle bei Weimar und Eisenach, von Berger, Emmrich, v. Schauroth, Loretz und Frantzen über die Trias von Coburg und Meiningen, von Gümbel, Sandberger und Thürach über die fränkischen Triasgebilde. In Baden haben sich Sandberger, Benecke, Schalch, Eck, Platz, in Elsaß-Lothringen Daubrée, Jacquot, Guibal, Levallois, Delbos, Köchlin-Schlumberger, Benecke, Lepsius, van Werveke, in Württemberg O. und Eb. Fraas, Oeffner und Engel, in Rheinpreußen und Hessen E. Weiß und Blanckenhorn Verdienste um die Kenntniß und Gliederung der Trias erworben. Die isolierte Kalkklippe von Rüdersdorf bei Berlin ist von Eck monographisch beschrieben worden und von demselben Autor, sowie von Ferd. Roemer liegen vortreffliche neuere Arbeiten über den Muschelkalk und Buntsandstein von Oberschlesien vor. Eine mit feiner Kritik und großer Sachkenntniß geschriebene Darstellung der außeralpinen Trias in Europa findet sich in W. Benecke's Abhandlung über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg.[111])

Erst nachdem über die Trias im südwestlichen Deutschland vollständige Klarheit gewonnen war, konnte man es wagen, an die schwierigste stratigraphische Aufgabe in Europa, nämlich an die Gliede-

rung und Entzifferung der alpinen Kalksteinzonen zu beiden Seiten der krystallinischen Centralkette heranzutreten. Das Vorkommen von rothem Sandstein und Conglomerat (Verrucano) unter dem Alpenkalk war aus den verschiedensten Theilen der Alpen seit langem bekannt. Die fraglichen Ablagerungen wurden bald als Rothliegendes, bald als Buntsandstein gedeutet. In den zwanziger Jahren bereiste Leop. v. Buch zu verschiedenen Malen Südtirol, das Salzkammergut, Steyermark und Kärnthen und veröffentlichte in kurzen, aber inhaltreichen Aufsätzen seine Beobachtungen über die besuchten Gebiete. Ein Kärtchen von Südtirol vom Jahre 1822 faßt seine Erfahrungen in einem Gesammtbild zusammen, bietet jedoch für die Gliederung des Alpenkalks und der secundären Formationen überhaupt nur geringe Ausbeute. Keferstein's im Jahre 1821 compilierte geognostische Karte von Tirol und Vorarlberg zeigt am Nordrand der Alpen ein von Brixlegg bis Kitzbichel streichendes schmales Band von Buntsandstein, das im Klosterthal von Vorarlberg wieder erscheint und sich von da in westlicher Richtung bis zum Wallensee fortsetzt. In den Südalpen ist der Schlern von einem hufeisenförmigen Sandsteinband umgeben und am Peitlerkofel beginnt der das Pusterthal begleitende Streifen von Sandstein und Conglomerat, welcher östlich von Innichen aufhört. Die breiten Kalkzonen nördlich und südlich von der Centralkette sind einfach als Alpenkalk (Zechstein) bezeichnet und mit einer Farbe bemalt. Nicht viel mehr bietet die von L. v. Buch geologisch colorierte, bei Schropp in Berlin herausgegebene Karte von Deutschland (1826), sowie Sedgwick[112]) und Murchison's geologische Uebersichtskarte der östlichen Alpen. Auf letzterer ist die Verbreitung des rothen Sandsteins in Nordtirol, im Salzkammergut, in Steyermark, Kärnthen und Krain ziemlich richtig angedeutet, dagegen bleiben die Kalkalpen noch immer ungegliedert, haben jedoch die Farbe des Jurakalkes erhalten. Immerhin nimmt die Abhandlung der beiden britischen Geologen in der älteren Literatur über die Alpen eine hervorragende Stelle ein und zeichnet sich namentlich durch eine Anzahl schöner und lehrreicher Detail- und Sammelprofile aus, welche eine ziemlich richtige Vorstellung von dem tektonischen Bau dieses Gebirges gewähren. Die specielle Kenntniß der Triasablagerungen hat sie freilich kaum mehr gefördert, als die auf flüchtigen Wanderungen gesammelten Beobachtungen von Buckland (1821), Keferstein (1821 und 1827) und Boué (1824—1830) ꝛc.

Durch die schönen Profile von Lill v. Lilienbach[113]) im Salzathal von Bischofshofen und Werfen bis Teisendorf (1830) und von Werfenweng durch das Tännengebirge bis Mattsee (1833) erhält man zwar einen im Ganzen richtigen Einblick über die Reihenfolge der am Aufbau der nördlichen Kalkalpen betheiligten Gesteine, allein die Gliederung des „Alpenkalks" läßt doch, wie überhaupt die ganze Altersbestimmung der verschiedenen Formationen, recht viel zu wünschen übrig. Als Basis des Alpenkalks erscheinen überall die rothen und grünlichen „Schiefer von Werfen" mit Einlagerungen von Gyps, welche Lill zum Uebergangsgebirge stellt. Darüber folgt der „untere Alpenkalk", worunter der rothe Marmor des Dürnberg, der Ammoniten führende Kalkstein von Adneth, der Kalkstein und Dolomit des hohen Göll, des Tännengebirges, des Watzmann, Lattengebirges u. s. w. verstanden sind. Zur „schieferig-sandsteinartigen Gruppe" des mittleren Alpenkalkes gehören die Thon-, Gyps- und Steinsalz-Einlagerungen von Hallein, Berchtesgaden, Ischl, Hallstatt und Aussee, ferner die Schichten am Roßfeld, bei Schellenberg, am Hirschbichl u. s. w. Als oberer Alpenkalk werden die Hippuritenkalke des Untersberges bezeichnet. Was die Altersbestimmung betrifft, so spricht sich Lill über den unteren Alpenkalk sehr zurückhaltend aus, betont aber dessen Beziehungen zum Uebergangskalk. Die Salzlager und der mittlere Alpenkalk werden zum Jura gerechnet. H. G. Bronn[114]), welcher die von Lill gesammelten Versteinerungen untersuchte, betont den fremdartigen Charakter der Fauna des Ammoniten und Monotis führenden Kalksteins vom Dürnstein und weist auf Beziehungen desselben mit Uebergangskalk und Lias hin. Den mittleren Alpenkalk stellt Bronn in den Lias oder Jura. Im Vergleich des zu diesen unsicheren Bestimmungen macht der Nachweis von ächtem Muschelkalk in der Gegend von Recoaro und Rovegliano durch Maraschini (1822), Catullo (1827) und Murchison einen erfrischenden Eindruck.

Einen Wendepunkt in der Alpengeologie bildet die Entdeckung der wunderbar reichen Localität St. Cassian in Südtirol. Leop. v. Buch hatte von dort einige Versteinerungen von einer Reise mitgebracht und sie dem Grafen zu Münster zur Untersuchung mitgetheilt.[115]) Im Jahre 1834 konnte Graf Münster[116]) Näheres über eine vornehmlich durch J. Lommel zusammengebrachte Sammlung von St. Cassianer Versteinerungen berichten. Er glaubte unter 128 Arten sieben aus dem Muschelkalk, zwei aus dem Lias und sechs

aus dem Jura bestimmen zu dürfen. Einer 1841 veröffentlichten, mit 16 gut ausgeführten Quarttafeln ausgestatteten Monographie der Versteinerungen von St. Cassian geht eine kurze geologische Einleitung von H. L. Wißmann voraus, worin die Schichtenfolge zwischen St. Lorenzen und St. Cassian, sowie am Nordfuß des Schlern beschrieben ist. Wißmann bezeichnet die ältesten, aus rothem Sandstein und grauen schieferigen und kalkigen Gesteinen bestehenden Ablagerungen über dem Bozener Porphyr als Schichten von Seiß und erklärt sie für identisch mit den aus Salzburg und Nordtirol bekannten „Werfener Schiefern". Leop. v. Buch hatte schon früher die rothen Sandsteine als Buntsandsteine und die darüber folgenden grauen thonigen und kalkigen Gesteine als Wellenkalk (Pierre compacte coquillère) gedeutet. Die „Seißer Schichten" sind in der Regel von mächtigen Massen von Dolomit, dem „Fassa-Dolomit" überlagert, worin Wißmann im Gegensatz zu L. v. Buch kein durch vulkanische Einwirkung verändertes Gestein, sondern eine normale marine Ablagerung erblickt. Die mergeligen „St. Cassianer Schichten" liegen zwischen den Dolomitbergen im Abteithal, doch konnte Wißmann ihre stratigraphische Beziehungen zum Dolomit ebensowenig ermitteln, als zu den Schichten von „Heiligkreuz" und „Wengen", deren Versteinerungen von jenen der St. Cassianer Schichten abweichen. Die Untersuchung von 422 Arten von Mollusken, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen und Spongien durch Graf zu Münster führte zu dem Ergebniß, daß zwölf Arten auch im Kohlenkalk und Zechstein, zehn im Muschelkalk, elf im Lias und drei im Jura vorkommen; von diesen sind 13 Arten wirklich identisch, die übrigen nur analog. Zu einer bestimmten Einreihung der St. Cassianer Schichten in die damals bekannte Schichtenfolge konnte Graf zu Münster darum auf paläontologischem Wege nicht gelangen. Zuversichtlicher spricht sich v. Klipstein[117]) über die fraglichen Ablagerungen aus. Seine zum Theil recht detaillierten Beobachtungen im Abtei- und Fassathal gewähren allerdings auch keinen befriedigenden Aufschluß über die tektonischen Verhältnisse der dortigen Gegend, allein aus dem Vorkommen eines (irrthümlich) als Ammonites cordatus bestimmten Ammoniten in den Wengener Schiefern versetzt Klipstein die letzteren in den Lias, wodurch sich für die jüngeren St. Cassianer Schichten ein jurassisches Alter ergibt. Klipstein vermehrte die St. Cassianer Fauna um mehr als 300 neue Species, deren Be-

gründung und Beschreibung freilich manches zu wünschen läßt. In einer Recension des Klipstein'schen Werkes spricht H. G. Bronn (1845) Bedenken gegen die Klipstein'sche Ansicht aus und meint, die St. Cassianer Schichten seien entweder ein bis dahin noch unbekanntes älteres Glied der Triasformation oder eine abweichende „Facies" des Muschelkalks.

Eine kurze Mittheilung von H. Emmrich[118]) brachte 1844 die erwünschte Klarheit über die Lagerungsverhältnisse der meisten von Wißmann, Graf Münster und Klipstein beschriebenen Schichten. Bei einem flüchtigen Besuch in Südtirol stellte Emmrich an Profilen der Pufelsschlucht nach der Seißer Alp und im Gaderthal fest, daß die Seißer Schichten mit dunkelrothem und weißem Sandstein beginnen, nach oben in rothe kalkige, glimmerreiche, dünnschichtige Schiefer mit Myacites Fassaensis übergehen und von einem Complex grauer, wellenkalkartiger Schichten mit Posidonomya Clarai bedeckt werden. Darüber liegen wieder rothe thonige Mergel und graue Kalkschiefer mit Myophorien, Myaciten und glatten Pecten. Darauf folgte ein versteinerungsleerer Complex von a) wulstigem Kalksteine, b) Dolomit, c) dunklem bituminösem Kalkstein, d) hellgrauem Schieferkalk, e) dunklem Kalkstein und Feuerstein und f) wellenkalkartigem Gestein. Auf diesem lagern die Wengener Schichten mit Halobia Lommeli und darüber die versteinerungsreichen St. Cassianer Schichten, die theilweise das Plateau der Seißer Alp zusammensetzen und am Cipitbach zahlreiche Fossilien liefern. Dolomit krönt die ganze Schichtenreihe. Emmrich's feine Beobachtungen am Schlern sind von allen späteren Autoren bestätigt worden und liefern das Normalprofil der südtiroler Trias. Zu ganz merkwürdigem Ergebniß war Quenstedt[119]) durch die Untersuchung einer Anzahl Cephalopoden von St. Cassian, Hallstatt und Rovereto gelangt. Er glaubte dieselben am besten mit den aus der unteren Kreide von Südfrankreich bekannten Formen vergleichen zu können und stellte demgemäß St. Cassian und Hallstatt in die untere Kreide.

Im Jahre 1846 erschien Fr. v. Hauer's erste Monographie der Cephalopoden des Hallstätter Kalkes[120]), sowie eine Abhandlung über den Muschelmarmor von Bleiberg in Kärnthen.[121]) In diesen paläontologischen Erstlingsarbeiten wies v. Hauer die Uebereinstimmung verschiedener Arten mit solchen aus St. Cassian nach und begründete damit die Anwesenheit der Trias in den Nordalpen. Weitere

Beiträge über die Cephalopoden von Hallstatt und Aussee[122]) bestätigten das im Jahre 1846 gewonnene Ergebniß und zeigten, daß die nordalpine Trias-Cephalopoden-Fauna an Mannigfaltigkeit nicht hinter jener von St. Cassian zurückbleibt. Auch eine Anzahl charakteristischer Gastropoden wurde von M. Hörnes aus den Hallstätter Schichten beschrieben.

Obwohl v. Hauer über die Beziehungen des Hallstätter Ammoniten-Marmors zu den St. Cassianer Schichten Licht verbreitet und dessen Verschiedenheit von dem liasischen Kalkstein von Adneth nachgewiesen hatte, rechnet Morlot[123]) (1848) doch den Alpenkalk, der Autorität Buckland's und Murchison's folgend zum Lias oder Jura und verzichtet in seinen sonst werthvollen Bemerkungen über dessen Verbreitung und Fossilführung auf eine genauere Altersbestimmung und Gliederung desselben. Auch die große vom montanistischen Verein für Tirol und Vorarlberg herausgegebene geognostische Karte von Tirol unterscheidet (1849) nur unteren, mittleren und oberen Alpenkalk, ohne für diese verschiedenen Gruppen ein bestimmtes Alter festzustellen.

Der im Jahre 1850 nach Begründung der k. k. geologischen Reichsanstalt veröffentlichte Ueberblick über die Literatur und den Zustand der Geologie in den nordöstlichen Alpen von Fr. v. Hauer gibt über die Trias etwa folgende Auskunft: dem Buntsandstein entsprechen die Werfener Schichten, die Sernftschiefer und Conglomerate der Nordalpen, die Seißer Schichten in Südtirol und die rothen Sandsteine und Conglomerate in Kärnthen und Krain. Ein erheblicher Theil des Alpenkalks gehört zur Trias und zwar rechnet v. Hauer[124]) zum unteren Muschelkalk den sogenannten Isocardien-Kalkstein mit „Dachsteinbivalven" im Salzkammergut, Bayern und Vorarlberg und den Dolomit mit »Cardium triquetrum« in den Südalpen. Zum oberen Muschelkalk (oder Keuper?) gehören die Ammoniten und Monotis führenden Marmorkalke des Salzkammerguts, die Schichten von St. Cassian, Bleiberg, die Wengener Schichten und ein Theil der Alpenkohlen im Wiener Sandstein (Lunzer Schichten).

Mit den Arbeiten der geologischen Reichsanstalt in Wien beginnt eine neue Aera für die Alpengeologie. Schon 1853 konnte v. Hauer[125]) über wesentliche, durch Czizek, Lipold, Stur, Kudernatsch, K. Peters und Sueß erzielte Fortschritte in der Kenntniß der nord-

alpinen Trias berichten. Sie wird jetzt in zwei Abtheilungen zerlegt: 1. Die Werfener Schiefer und Guttensteiner Kalke (Aequivalente des Buntsandsteins und Muschelkalks) und 2. Hallstätter Schichten (oder oberer Muschelkalk). Die Salzstöcke im Salzkammergut sind nicht, wie Lill v. Lilienbach annahm, Einlagerungen von Alpenkalk, sondern gehören nach D. Stur und Sueß zu den Werfener Schiefern. Die Hallstätter Schichten liegen nicht über dem Dachsteinkalk, sondern ruhen auf den Guttensteiner Schichten und werden vom Dachsteinkalk bedeckt, der nach Lipold mit den Kössener (Gervillien-) Schichten zu vereinigen und in den Lias zu stellen ist. Ueber die Dolomite der Nordalpen konnte noch keine Klarheit gewonnen werden. Der Hauer'sche Bericht stützt sich vielfach auf zwei grundlegende, in den Nachbargebieten ausgeführte Untersuchungen. Die erste von H. Emmrich[126]) erstreckt sich über den östlichen Theil der bayerischen Alpen, die zweite von A. Escher[127]) über Vorarlberg. Mit feinem Blick hatte Emmrich in den bayerischen Alpen mehrere paläontologisch scharf charakterisierte Horizonte unterschieden und zwar 1. Gervillienschichten (Kössener Schichten), 2. Lias (Amaltheenmergel), 3. Oberen Jura (Haselberger Marmor), 4. Neocom-Aptychenschiefer und 5. Orbitulitensandstein (Cenoman). Für die Trias kamen neben den von Emmrich schon früher (1849) an zahlreichen Orten der bayerischen Alpen nachgewiesenen Gervillienschichten noch der Dolomit und der Isocardien- und Lithodendronkalk (Dachsteinkalk), sowie ein (1846) schon von Schafhäutl beschriebener oolithischer Kalkstein mit Cardita crenata in Betracht. Emmrich liefert ein ziemlich reichhaltiges Verzeichniß der Versteinerungen aus den bisher zum Lias gerechneten Gervillienschichten und vergleicht dieselben im Widerspruch mit v. Buch (1827), Murchison, Lill v. Lilienbach und Schafhäutl nebst dem Lithodendronkalk mit den St. Cassianer Schichten. Die Reihenfolge der Triasbildungen in den bayerischen Alpen glaubt Emmrich folgendermaßen feststellen zu dürfen:

Rother Sandstein,
Unterer Alpenkalk, Dolomit und Rauchwacke,
Muschelkalk,

Lithodendronkalk,	Terrain salifèrien,
Gervillienschichten und oolithische Kalke	St. Cassianer Bildung,

Amaltheenschiefer, Lias.

Die zum Theil gemeinsam mit P. Merian ausgeführten Untersuchungen von Escher von der Linth in Vorarlberg sind für Lias, Jura und Kreide großentheils noch jetzt maßgebend. Zur Trias rechnet Escher:

1. Grauer oder weißlicher Kalkstein mit Megalodon scutatus,
2. Obere St. Cassianer Schichten mit Gervilla inflata, Cardium rhaeticum, Spirifer uncinatus etc.,
3. Dolomit (mittleres St. Cassian),
4. Schwarze Mergel mit Bactryllium Schmidti, Kalkstein mit Halobia Lommeli (unteres St. Cassian),
   Gyps, Schiefer,
   Sandstein mit Equisetum, Calamites, Pterophyllum, Cycadites,
5. Rother Sandstein und Verrucano.

Die als obere St. Cassianer Schichten bezeichneten Bildungen entsprechen den Gervillienschichten Emmrich's; die Kalksteine mit Halobia (unteres St. Cassian nach Escher) den Wengener Schichten und die Sandsteine mit Equiseten der Lettenkohle. Aechten Muschelkalk kannte Escher aus Vorarlberg noch nicht, wohl aber zeigt ein Nachtrag über die Trias der Lombardei, daß im Val Trompia und im Val Brembana Muschelkalk mit Encrinus liliiformis vorhanden sei, über welchem die Schichten mit Halobia Lommeli folgen. Die St. Cassianer Schichten werden auch hier zum Theil mit den Gervillien- (resp. Kössener) Schichten verwechselt und dadurch die Gliederung der oberen Trias verwirrt. Im Uebrigen zeichnet sich die Abhandlung Escher's durch Zuverlässigkeit der Beobachtung und durch eine große Anzahl genauer Profile aus. Wichtige Beiträge zur Kenntniß der lombardischen Trias verdankt man Curioni.[128]) Er bestätigt im Wesentlichen die Escher'schen Angaben, namentlich bezüglich der unteren und mittleren Trias, jedoch nicht ohne dieselbe in mehrfacher Hinsicht zu ergänzen. Als St. Cassianer Schichten werden mergelige Gesteine mit Myophoria Whatleyi und Kefersteini beschrieben und der Esinokalk im Gegensatz zu Escher nicht unter, sondern über den Dolomit mit Megalodon gestellt. Hauer's prächtiger geologischer Durchschnitt der Alpen von Passau[129]) bis Duino liefert ein klares Bild über den Zustand der Alpengeologie im Jahre 1857 und zeigt hinsichtlich der Triasgliederung durch die Einschaltung der „Raibler Schichten" zwischen Dachsteinkalk und den Halobienschiefern einige

Verschiedenheit gegen die älteren Publicationen. Ueber die Stellung, Verbreitung und Fauna der schon von Boué (1835) und Fötterle (1855) recht gut beschriebenen Raibler Schichten hatte Franz v. Hauer im gleichen Jahre eine Specialmonographie veröffentlicht, welcher 1858 ein weiterer Beitrag von H. G. Bronn über die Fische, Krebse und Pflanzen der schwarzen Raibler Schiefer folgte. Diese Arbeiten trugen wesentlich zur Klärung der südalpinen Trias bei und suchten insbesondere die Verschiedenheit der Raibler und St. Cassianer Fauna festzustellen.[130]) In den Erläuterungen zu einer geologischen Uebersichtskarte der Lombardei bespricht v. Hauer die geologischen Verhältnisse der oberitalienischen Alpen. Hauer hatte die lombardischen, Fötterle die venetianischen Alpen im Auftrag der Wiener geologischen Reichsanstalt untersucht; außerdem konnten verschiedene Arbeiten von L. v. Buch, Studer, Merian, Stabile, Escher von der Linth, Curioni, Omboni u. A. für die Trias verwerthet werden. Hauer unterscheidet auf der Karte 1. Verrucano, Servino und Werfener Schiefer, 2. Muschelkalk, Rauchwacke und Wengener Schiefer, 3. St. Cassianer Schichten, 4. Esino-Kalkstein, 5. Raibler Schichten von Gorno und Dossena, 6. Dachsteinkalk, 7. Kössener Schichten. Die Schichten 3, 4 und 5 werden als obere Trias, 6 und 7 als unterer Lias bezeichnet. Die Hauer'schen Erläuterungen wurden in mancher Hinsicht ergänzt, wenn auch kaum verbessert durch ein gleichzeitig erschienenes Werk von Antonio Stoppani.[132]) Der italienische Geologe schließt sich im Wesentlichen an Escher an und beginnt die Trias mit dem Buntsandstein von Regoledo. Der Verrucano wird ins Paläozoicum versetzt. Zum Muschelkalk rechnet Stoppani den unteren dolomitischen Kalkstein mit Encrinus, Spirifer fragilis, Terebratula angusta etc. vom Monte Salvatore bei Lugano, Menaggio, Bagolino 2c., schwarze Mergel mit Posidonomya Moussoni von Varenna und die dunklen bituminösen Schiefer von Perledo am Comersee mit Fischen und Sauriern. Die darüber liegenden sogenannten St. Cassianer Schichten werden in drei Abtheilungen zerlegt: a) mittlerer Dolomit und keuperartige Mergel ohne Versteinerungen, b) Esinokalk, schwarze Schiefer und mergeliger Kalkstein von Dossena 2c. mit Myophoria Kefersteini und Whatleyi, c) Lumachelle mit Leda faba, Posidonomya Lommeli (?). Der nächst höhere Schichtencomplex, bestehend aus den Schichten von Azzarolo (Kössener Schichten), Korallenkalk und oberer Dolomit mit Megalodon wird zum Lias gerechnet. Die Versteine-

rungen der verschiedenen Ablagerungen werden aufgezählt, jedoch nicht beschrieben; dagegen veröffentlichte Stoppani später eine reich ausgestattete Monographie der Versteinerungen des Esinokalkes[133]), welcher von ihm damals als Aequivalent der Hallstätter und St. Cassianer Schichten angesehen wurde. Da jedoch Stoppani mit dem Esinokalk auch die Dolomite mit Avicula exilis vereinigte, so rückte er später (1864) den ganzen Complex über den Raibler Schichten in das Niveau des Hauptdolomits der Nordalpen herauf.

Im Jahre 1854 erschien die Monographie der Brachiopoden der Kössener Schichten von Ed. Sueß.[134]) Unter Kössener Schichten versteht Sueß die Gervillien-Schichten Emmrich's und Schafhäutl's, sowie die oberen St. Cassian Schichten Escher's aus Vorarlberg. Er gibt eine Uebersicht ihrer Verbreitung in den Nord- und Südalpen und schildert ihre innigen Beziehungen zu den Starhemberg-Schichten, dem Dachstein, Lithodendronkalk und den bituminösen Fischschiefern von Seefeld. Der ganze zusammengehörige Complex ruht auf den Hallstätter Schichten und wird von Ablagerungen mit Versteinerungen des oberen Lias bedeckt. Aus dem Charakter der Fauna sowohl, als den Lagerungsverhältnissen schließt Sueß, daß die fraglichen Gebilde nebst den sogenannten Grestener Schichten den unteren Lias vertreten. Gegen diese Auffassung erhob P. Merian sofort Einsprache. Er erkennt zwar die Uebereinstimmung der sogenannten oberen St. Cassian-Schichten in Vorarlberg und Nordtirol mit den Kössener Schichten an, hält sie jedoch für marine Aequivalente des oberen Keupers, indem er vollkommen richtig die Grestener Schichten und den Ammoniten führenden Liaskalkstein von Enzesfeld und Hörnstein von den ächten Kössener Schichten trennt. Merian berichtigt gleichzeitig auch einige Angaben über die unteren St. Cassian-Schichten Escher's in Vorarlberg und Nordtirol und bemerkt, daß bei Telfs, im Lavatscher Thal und am Haller Salzberg mergelige Kalkbänke ächte St. Cassianer Versteinerungen, wie Cardita crenata, Myophorien, Ammonites Johannis Austriae etc. enthalten.

Im Herbst 1854 begann C. W. Gümbel seine Untersuchungen in den südwestlichen bayerischen Alpen und den angrenzenden Theilen von Vorarlberg und Nordtirol, deren Ergebnisse 1856 im Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt veröffentlicht wurden und namentlich für die Gliederung und Tektonik der Kreide von Wichtigkeit sind. Gümbel schließt sich hier bezüglich der Einreihung des Dachsteinkalks,

der Gervillienschichten und des Dolomits in den Lias noch den österreichischen Geologen an und zeigt, daß unter dem Namen Flysch von Schafhäutl und anderen Autoren vier scharf geschiedene, theils zur Trias, theils zum Lias, theils zum Tertiär gehörige Schiefergesteine zusammengeworfen wurden. Im nämlichen Band des Jahrbuchs der geologischen Reichsanstalt finden sich Abhandlungen von M. V. Lipold über das östliche Kärnthen, von D. Stur über die Gegend von Lienz und Südkärnthen, von C. Peters über Aufnahmen in Kärnthen, Krain und dem Görzer Gebiet und von Ad. Pichler über die nordöstlichen Kalkalpen Tirols.

Im Sommer 1857 fand die denkwürdige Begehung der Nordtiroler und Vorarlberger Alpen statt, an welcher sich v. Hauer, v. Richthofen, Fötterle, Gümbel, Pichler und einige Tage lang auch Escher von der Linth und B. Cotta betheiligten. v. Richthofen[136]) hatte die Aufnahme in Vorarlberg auszuführen und den Bericht über die gemeinsam gewonnenen Ergebnisse abzufassen. Die ergänzenden Thatsachen aus den bayerischen Alpen lieferte C. W. Gümbel. v. Richthofen zeigt zunächst, daß die Mächtigkeit der Trias von Ost nach West erheblich abnimmt und in Vorarlberg bereits sehr stark reduciert ist. Eine vergleichende Uebersicht ihrer Gliederung in Vorarlberg, im östlichen Tirol und in Salzburg bietet folgendes Bild:

Vorarlberg:	**Oestliches Tirol:**	**Salzburg:**
	Lias.	
9. Oberer Dachsteinkalk	Oberer Dachsteinkalk	Oberer Dachsteinkalk
8. Kössener Schichten	Kössener Schichten	Kössener Schichten
7. Unterer Dachsteinkalk	Unterer Dachsteindolomit und Kalk	Unterer Dachsteindolomit und Kalk
	Obere Trias.	
6. Raibler Schichten mit Rauchwacke und Gyps	Raibler Schichten	?
5. Arlbergkalk	Hallstätter (resp. Wetterstein-) Kalk	Hallstätter Kalk
4. Partnachschichten	Partnachschichten	?
3. Virgloriakalk	Virgloriakalk	Virgloriakalk
	Untere Trias.	
2. —	Guttensteiner Kalk	Guttensteiner Kalk
1. ? Verrucano (wahrscheinlich paläozoisch)	Werfener Schichten	Werfener Schichten.

Die eigentliche Trias mit Ausschluß der Kössener Schichten und des Dachsteinkalks zerlegt v. Richthofen in zwei Abtheilungen, welche sowohl für die Nordalpen, als auch für die Südalpen Gültigkeit besitzen. Das unterste Glied bilden die Werfener Schichten, denen schwarze, versteinerungsarme Kalksteine folgen. Für diese hatte Fr. v. Hauer in den Ostalpen den Namen Guttensteiner Schichten eingeführt. Von Kudernatsch war indes 1852 nachgewiesen worden, daß die obere Abtheilung dieser Schichten zahlreiche Hornsteinknollen enthält und aus dünnen Bänken mit welliger Oberfläche besteht. In diesen oberen Lagen waren von Pichler am Kerschbuchhof bei Innsbruck, von Escher bei Reutte Brachiopoden (Terebratula trigonella, Spirifer fragilis, Spirifer Mentzeli etc.), Ammoniten und Monotis ähnliche Muscheln, von v. Richthofen am Virgloria-Paß und im Lichtenstein'schen Spiriferina Mentzeli, Retzia trigonella, Waldheimia angusta und Dadocrinus gracilis gefunden worden. Da die unteren Guttensteiner Schichten in den Ostalpen häufig mit der oberen Abtheilung der Werfener Schiefer wechsellagern, so trennte v. Richthofen die obere Abtheilung als „Virgloriakalk" von den unteren eigentlichen Guttensteiner Schichten ab. Als Partnach-Schichten hatte Gümbel mergelige Schiefer aus der Partnachklamm mit Halobia Lommeli (später Parthanensis genannt) und Bactryllium Schmidti bezeichnet, für die man aus den Ostalpen 1858 noch kein Aequivalent kannte. Ueber den Partnach-Schichten folgt in Vorarlberg ein dunkler Kalkstein (Arlbergkalk), in Nordtirol und in Bayern ein lichter, reiner Kalkstein mit Chemnitzia und Diplopora annulata, den v. Richthofen für das Aequivalent des Hallstätter Kalkes erklärte. Wichtig ist der Nachweis von Raibler Schichten in den Nordalpen. Es sind dies die mergeligen, häufig oolithischen Kalksteine und pflanzenführenden Sandsteine, verbunden mit Rauchwacken und Gyps, welche schon Escher als „unteres St. Cassian" aus Vorarlberg beschrieben hatte, und welche von A. Pichler und Gümbel unter dem Namen „Cardita-Schichten" in weiter Verbreitung in Nordtirol und den bayerischen Alpen nachgewiesen, jedoch den St. Cassianer Schichten gleichgestellt worden waren. Eine Anzahl charakteristischer, mit den südalpinen Raibler Schichten übereinstimmender Arten läßt die Altersbestimmung der fraglichen Ablagerungen nicht zweifelhaft erscheinen, doch gesteht v. Richthofen zu, daß die nordalpinen Raibler Schichten mit St. Cassian größere Uebereinstimmung aufweisen, als die süd-

alpinen und darum wahrscheinlich etwas tiefer herabreichen als jene. Ueber den Raibler Schichten folgt eine mächtige Masse von Dolomit ohne Versteinerungen, die nach oben in plattigen, zuweilen (Seefeld) stark bituminösen Kalkstein übergeht und von den Kössener Schichten und Kalken mit Megalodon triqueter bedeckt wird. Zur Begründung obiger Gliederung fügt v. Richthofen eine sehr genaue, durch zahlreiche Profile veranschaulichte Beschreibung der Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der einzelnen Ablagerungen bei.

Liefert die Richthofen'sche Abhandlung für Vorarlberg und Nordtirol eine im Wesentlichen richtige Gliederung der Triasablagerungen, so kommt den im Sommer 1856 ausgeführten, aber erst 1860 veröffentlichten Beobachtungen desselben Autors über die Geologie von Südtirol eine noch größere Tragweite zu. Die classische Beschreibung der Gegend von Predazzo, St. Cassian und der Seißer Alp[137]) gehört zu den hervorragendsten Leistungen in der alpinen Geologie und verschaffte dem damals noch jugendlichen Forscher sofort ein bedeutendes wissenschaftliches Ansehen. Nach einer historischen Einleitung und vollständigen Literatur-Uebersicht behandelt v. Richthofen zuerst die Oberflächengestaltung des untersuchten Gebietes, auf welche dann eine vortreffliche Schilderung der daselbst vorkommenden Formationen und Gesteine folgt. Die ersteren beginnen mit der Trias. Diese wird wie in Vorarlberg in zwei Abtheilungen getheilt, wovon die untere aus 1. Grödner Sandstein, 2. Schichten von Seiß und 3. Schichten von Campil zusammengesetzt ist. Zur oberen Trias rechnet v. Richthofen in aufsteigender Reihenfolge 4. Virgloriakalk, 5. Mendeldolomit, 6. Schichten von Buchenstein, 7. Schichten von Wengen, 8. Kalkstein von Cipit, 9. Schichten von St. Cassian, 10. Schlerndolomit, 11. Raibler Schichten. Zum Lias werden die Schichten von Heiligkreuz, der Dachsteinkalk und obere Dolomit gestellt. Jedes der genannten Glieder ist petrographisch und paläontologisch genau beschrieben; über die Lagerungsverhältnisse und Verbreitung geben typische Profile und kurze Bemerkungen Aufschluß; die speciellere Stratigraphie und Tektonik sind in einem besonderen Abschnitt ausführlich behandelt. Aus der Tektonik, Verbreitung und Ausbildung der Formationen sucht v. Richthofen die geologische Entwickelungsgeschichte Südtirols und speciell die Reihenfolge der stattgefundenen Hebungen und Senkungen zu ermitteln. Im Gegensatz zu L. v. Buch und Elie de Beaumont erklärt v. Richthofen die meisten Umgestal-

tungen des Bodens und tektonischen Störungen durch langsame Krustenbewegungen. Auch das Problem der Dolomitbildung trat in eine ganz neue Beleuchtung. Während v. Buch im Dolomit durch vulkanische Einwirkung und Magnesiadämpfe veränderte Kalksteine erblickte, vergleicht ihn v. Richthofen mit den Kalkgebilden der jetzigen Korallenriffe und kommt zum Ergebniß, daß sowohl die Dolomite als auch ein Theil der mächtigen Massen von reinem pelagischem Triaskalk in den Südalpen in Perioden langsamer Senkung durch riffbildende Steinkorallen erzeugt worden seien. Aus der unregelmäßigen Beschaffenheit eines mit Korallenriffen besetzten Meeresgrundes werden sodann manche eigenthümliche, sonst schwer begreifliche tektonische Erscheinungen und Faciesentwickelungen zu erklären versucht. v. Richthofen's Gliederung der Trias wurde in der Folge fast nur insofern berichtigt, als Stur[138]) (1868) die Heiligkreuzer Schichten mit der oberen Abtheilung der Raibler Schichten gleich stellte.

Für den Dachsteinkalk, den oberen Dolomit und überhaupt für die gesammte obere Trias waren zeitliche Aequivalente außerhalb der Alpen im Jahre 1860 noch völlig unbekannt. Unter den nahezu 1000 Arten von marinen Versteinerungen, welche bis dahin aus St. Cassianer, Raibler, Esino und Hallstätter Schichten beschrieben waren, befand sich nicht eine einzige, die mit Sicherheit auch außerhalb des Gebietes der Ostalpen hätte nachgewiesen werden können. Zum Vergleich der alpinen und außeralpinen Trias gaben darum nur die wenigen gemeinsamen Arten aus dem Muschelkalk Anhaltspunkte. Für die ganze über den Virgloria-Schichten liegende Masse alpiner Triasgebilde von den Wengener Schichten an bis zum unteren Lias fehlte es an jeder paläontologischen Uebereinstimmung mit der außeralpinen Trias. Der Nachweis von Avicula contorta und einer nicht unbeträchtlichen Anzahl anderer aus den Kössener Schichten bekannter Molluskenarten in den schwäbischen Grenzschichten zwischen Trias und Lias, welche Alberti und Quenstedt als Sandstein von Täbingen und Bonebed beschrieben hatten, durch A. Oppel und Ed. Sueß[139]) wurde darum für die ganze Altersbestimmung der alpinen Trias von epochemachender Bedeutung. Die den Kössener Schichten entsprechenden außeralpinen Schichten liegen stets in völlig concordanter Reihenfolge zwischen den oberen rothen Keupermergeln und dem untersten Lias mit Ammonites planorbis. Alberti, Plieninger und anfänglich (1843) auch Quenstedt hatten sie

in Schwaben, v. Strombeck in Braunschweig und Hannover als oberstes Glied des Keuper, Graf Mandelslohe, Rolle (1853) und A. Oppel (1856) als Lias, Quenstedt als Grenzschichten und Vorläufer des Lias bezeichnet. In Frankreich kannte man Ablagerungen zwischen Lias und Keuper seit langem in ansehnlicher Verbreitung am östlichen und südlichen Rande des Centralplateau und in Lothringen. Leymerie hatte dieselben 1840 unter dem Namen „Infralias“ beschrieben. Sie wurden später von verschiedenen Autoren bald in den Lias, bald in die Trias versetzt. Ebenso waren in England die Meinungen über die mit einem Bonebed verbundenen Grenzschichten getheilt. Brodie und Strickland erklärten sie (1842) für Lias, Agassiz (1844) und Buckmann auf Grund der Fische und Pflanzenreste für Trias. In den Alpen von Tegernsee hatte Leop. v. Buch (1828) die ersten Versteinerungen in den Gervillien-Schichten gefunden und diese als mittleren Jura bestimmt. Schafhäutl schwankte mehrmals in seiner Meinung über das Alter der Gervillien-Schichten und des Lithodendron- und Dachsteinkalkes, aus welchem er eine Anzahl charakteristischer Versteinerungen beschrieb. Sedgwick, Murchison und die österreichischen Geologen stellten die fraglichen Bildungen in den unteren Lias, Emmrich, Merian, Studer und Escher von der Linth in die obere Trias. Eine bestimmte Ansicht über die Zutheilung der Kössener Schichten zu Trias oder Lias hatten Oppel und Sueß in ihrer ersten Abhandlung noch nicht ausgesprochen; erst bei weiterer Verfolgung der außeralpinen Aequivalente in Luxemburg und Frankreich gelangte Oppel[140]) zu dem Ergebniß, daß die Grenzlinie zwischen Trias und Jura über den Contorta-Schichten und unter der Zone des Ammonites planorbis zu ziehen sei. Dieselbe Ansicht vertritt G. Winkler[141]), welcher sich in mehreren Abhandlungen um die Kenntniß der Fauna der Contorta-Schichten in den bayerischen Alpen verdient machte. Auch Gümbel stellt (1860) die Kössener Schichten unter der Bezeichnung „Muschelkeuper“ in die obere Abtheilung des Keupers. Die gründlichen stratigraphischen und paläontologischen Untersuchungen von J. Martin[142]) über die Avicula contorta-Schichten in Burgund und im südlichen Frankreich beweisen, daß eine Anzahl von Mollusken der ersteren in den untersten Lias und zwar in die Zonen des Ammonites planorbis und angulatus übergehen, deren reiche Faunen kurz zuvor Terquem aus Hettange bei Metz beschrieben hatte. Auch in Lothringen liegen nach Terquem

zwischen den tiefsten Liasbänken und den bunten Keupermergeln die Schichten mit Avicula contorta. Martin hält die Verbindung der drei genannten Zonen für eine so innige, daß er sie unter dem bereits von Leymerie gebrauchten Namen Infralias als tiefste Stufe der Juraformation zusammenfaßt. Dionys Stur fand (1860) die Kössener Schichten in den nordwestlichen Karpathen überall als Bedeckung des Rothliegenden und folgert daraus, daß mit ihnen die jurassische Periode beginnt. In den lombardischen Alpen hatte A. Stoppani mit besonderer Aufmerksamkeit die Fauna der Schichten von Azzarolo studiert und kommt in seiner umfangreichen, mit 60 Tafeln ausgestatteten Monographie[143]) zu dem Ergebniß, daß die Schichten mit Avicula contorta und der Megalodus-Kalkstein und Dolomit nebst den Zonen des Ammonites planorbis und angulatus eine Zwischenstufe zwischen Keuper und Lias bilden, welche innigere Beziehungen zum ersteren als zur Trias aufweisen und darum am besten Infralias genannt werden. Fast gleichzeitig war C. W. Gümbel[144]) nach einer kritischen Prüfung der Fauna der Kössener Schichten zur Ueberzeugung gelangt, daß die mit dem Lias übereinstimmenden Arten weniger zahlreich seien, als bisher angenommen wurde, und daß der Gesammtcharakter der Fauna mehr ein triasisches als liasisches Gepräge besitze. Gümbel schlägt darum für die Kössener Schichten (Muschelkeuper) und den Dachsteinkalk die Bezeichnung „Rhätische Gruppe“ vor und betrachtet sie als oberste Abtheilung des Keupers. Die Mehrzahl der deutschen und österreichischen Geologen folgten Gümbel; in Frankreich dagegen neigt man noch heute mehr der Martin'schen Auffassung zu und hält die Gruppe des Infralias als Theil des jurassischen Systems aufrecht. Sorgfältige historische Darstellungen der ganzen Frage nebst Beschreibung aller rhätischen Ablagerungen in Europa und kritischen Listen der daraus bekannten Versteinerungen verdankt man A. v. Dittmar[145]) und J. Martin[146]). Während aber Dittmar der Meinung Oppel's und Gümbel's beipflichtet, hält Martin an seiner früheren Ansicht fest, legt der paläontologischen Verwandtschaft zum Lias größeres Gewicht bei, als jener zur Trias, erkennt jedoch nunmehr in den Schichten mit Avicula contorta eine selbständige Stufe (Rhaetien), die er als unterstes Glied der jurassischen Formation anschließt.

Die weitere Entwickelung der alpinen Triasforschung vollzog sich im Beginn der sechziger Jahre hauptsächlich in den Nordalpen. Für

die Geologie der bayerischen Alpen schuf C. W. Gümbel[147]) (1861) eine bewunderungswürdige Grundlage. In dem stattlichen Band, welcher 5 Kartenblätter im Maßstab von 1 : 100000 und 42 Profiltafeln begleitet, füllt die Beschreibung der Trias nicht weniger als 270 Seiten. Gümbel sucht die auffallende Verschiedenheit in der Ausbildung der alpinen und außeralpinen Triasbildungen durch Annahme eines jetzt verschwundenen „vindelicischen" Gebirgszuges zu erklären, welcher am Südweſtrand des bayerischen Waldes beginnend vielleicht bis zum französischen Centralplateau reichte und die directe Communication des außeralpinen Triasmeeres mit dem alpinen verhinderte. Durch diese Absperrung gestalteten sich die Bedingungen der Sedimentbildung in den beiden nahegelegenen Gebieten gänzlich verschieden von einander, sodaß im alpinen Meer z. B. reine Kalkmassen zum Absatz gelangten, während gleichzeitig in Schwaben und Franken brackische Sand- und Thonablagerungen entstanden. Die Verschiedenheit der alpinen und außeralpinen Trias beruht somit wesentlich auf abweichender Faciesbildung. Aus der Reihenfolge der alpinen Gesteine und dem paläontologischen Charakter ihrer Flora und Fauna sucht Gümbel die zeitlichen Aequivalente der außeralpinen Trias in den bayerischen Alpen ausfindig zu machen und bringt diese Tendenz auch in seiner Nomenclatur zum Ausdruck. Obwohl er sich der Hauptsache nach der von Richthofen für Vorarlberg und Nordtirol veröffentlichten Gliederung der Trias anschließt, weicht seine Nomenclatur und Eintheilung doch ziemlich wesentlich von allen bisherigen Classificationen der alpinen Trias ab. In den drei Hauptgruppen: Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper werden alle alpinen Ablagerungen eingereiht und demgemäß mit entsprechenden Namen belegt.

Als Buntsandstein deutet Gümbel die Werfener Schichten der österreichischen Geologen nebst den dazu gehörigen Salz- und Gypsstöcken bei Berchtesgaden, Hallein und im Salzkammergut. Zum Muschelkalk werden die Guttensteiner Schichten und die Virgloriakalke gerechnet, aus denen Gümbel im Ganzen 21 Arten von Versteinerungen anführt, wovon dreizehn auch im außeralpinen Muschelkalk bekannt sind. Alle höheren Triasgebilde fallen nach Gümbel dem Keuper zu und zwar gehören zur unteren Abtheilung oder Lettenkohlengruppe: 1. der untere Lettenkeuper oder die Partnachschichten: dunkle schieferige Kalksteine und Mergel mit Halobia Lommeli

(H. Parthanensis Schafh.) und pflanzenführende Sandsteine. Letztere waren auch aus Vorarlberg bekannt und bereits von Escher als Lettenkohle bezeichnet worden. Spätere Untersuchungen von Wöhrmann haben freilich gezeigt, daß diese Sandsteine den Raibler Schichten angehören, wodurch die gerade auf die Pflanzen begründete Altersbestimmung der Partnachschichten hinfällig wurde. Aus stratigraphischen Gründen glaubt Gümbel die Partnachschichten mit den St. Cassianerbildungen in Parallele stellen zu dürfen. Als mittleres Glied der Lettenkohlengruppe betrachtet Gümbel 2. den unteren Keuperkalk und Dolomit oder die sogenannten Hallstätter Schichten und den Wettersteinkalk. Auch in dieser Abtheilung sind zwei im Alter ganz verschiedene Ablagerungen zusammengeworfen. Der Vergleich mit der Fauna von St. Cassian hat darum nur geringen Werth. Das nächste Glied der Lettenkohlengruppe bildet 3. der untere Muschelkeuper oder die Cardita-Schichten Pichler's, welche nach dem Vorgang Richthofen's mit den Raibler Schichten der Südalpen parallelisiert werden. Der mittlere Keuper wird nach Gümbel in den Nordalpen durch die Hauptdolomitgruppe vertreten, welche aus drei Gliedern: 4. Rauchwacke, 5. Hauptdolomit und 6. Plattenkalk zusammengesetzt ist. Nur die letzteren enthalten Versteinerungen (besonders in den Asphaltschiefern von Seefeld), die jedoch weder mit außeralpinen noch südtiroler Formen vergleichbar sind. Die obere Abtheilung des Keupers oder rhätische Gruppe besteht 7. aus den Schichten mit Avicula contorta (oberer Muschelkeuper, Gervillien-Schichten, Kössener Schichten) und 8. dem Dachsteinkalk. Die petrographischen und paläontologischen Eigenschaften der verschiedenen Triasglieder, ihre Verbreitung, Lagerung und Tektonik sind mit musterhafter Genauigkeit geschildert und wenn spätere Forschungen auch bezüglich der Parallelen mit anderen Gebieten einige Modificationen erforderlich machten, so ist doch die von Gümbel festgestellte Triasgliederung mit Ausnahme der pflanzenführenden Partnachsandsteine und der Hallstätter Kalke bis heute unerschüttert geblieben.

Größere Schwankungen erlitten die Anschauungen in den benachbarten österreichischen Alpen. In Nordtirol hatte sich Ad. v. Pichler seit 1856 mit besonderer Vorliebe dem Studium der Trias gewidmet. In seiner ersten Publication[148]) über die nordöstlichen Kalkalpen Tirols hatte er über dem Buntsandstein und den dazu gehörigen Rauchwacken einen unteren, dunkelgrauen Alpenkalk als

Aequivalent der Guttensteiner Schichten beschrieben; darüber sollen unmittelbar Dolomit und Cardita-Schichten folgen und über den letzteren der obere Alpenkalk (Wettersteinkalk) liegen, welcher dann von den Gervillien-Schichten und Lithodendronkalken bedeckt wird. Drei Jahre später schließt sich Pichler[149]) der Richthofen'schen Triasgliederung an, weist dem Wettersteinkalk unter den Cardita- oder Raibler Schichten seinen richtigen Platz an, glaubt jedoch zur Annahme berechtigt zu sein, daß beide Bildungen mit einander wechsellagern. 1866 und 1867[150]) beschreibt Pichler eine Anzahl von Profilen, aus denen er folgert, daß zwischen dem Virgloriakalk und Wettersteinkalk ein stellenweise mächtiger Complex von lichtem Kalkstein, Schieferthon, Mergel, Sandstein, Dolomit und Knollenkalk vorhanden sei, welcher im Wesentlichen die Fauna der Cardita-Schichten enthalte und wahrscheinlich den St. Cassianer Schichten entspreche. Damit wurden zweierlei Cardita-Schichten (untere und obere) in die nordtiroler Literatur eingeführt, über deren Berechtigung sich eine drei Jahrzehnte dauernde Discussion entspann. Die Frage wurde noch dadurch verwickelt, daß einerseits Sandberger (1866) Myophoria Kefersteini und Corbula Rosthorni in der Bleiglanzbank des fränkischen Gypskeupers entdeckte und damit die Stellung der Raibler Schichten unmittelbar über dem Grenzdolomit der Lettenkohlengruppe bestimmte, und daß anderseits E. Sueß[151]) die bereits von Fötterle (1856) gemachten Beobachtungen bestätigend, die Raibler Schichten in drei Abtheilungen gliederte, wovon die untere aus schwarzen fischführenden Schiefern, die mittlere aus den Bänken mit Myophoria Kefersteini und die obere aus mergeligem Kalkstein mit Myophoria Whatleyi, Ostrea montis caprilis, Pecten filosus und Megalodon-Steinkernen besteht. Die unteren Schiefer erklärte Stur[152]) zwei Jahre später für Aequivalente der Wengener Schichten, der obersten Abtheilung hatte Sueß den Namen „Torer Schichten" beigelegt.

In den Sommern 1863 und 1864 wurden in den nordöstlichen Alpen von der geologischen Reichsanstalt Specialaufnahmen unter der Leitung von Lipold und Stur ausgeführt, welche besonders über die kohlenführenden mesozoischen Ablagerungen in Nieder- und Oberösterreich neues Licht verbreiteten. Dieselben waren bis dahin unter dem Collectivnamen „Grestener Schichten" dem unteren Lias zugetheilt worden. Lipold[153]) und seine Arbeitsgenossen Hertle und Stelzner wiesen jedoch nach, daß zwar auch in den liasischen Grestener Schichten

Kohlenflötze vorkommen, daß jedoch die Kohlenlager bei Lunz, Lilienfeld, Scheibbs, Gaming, Gößling u. s. w. nach ihrer Flora entschieden der Trias angehören. Lipold bezeichnet diese meist sandigen und schieferigen kohlenführenden Complexe als „Lunzer Schichten", die darunter liegenden Kalksteine als „Gößlinger Schichten" und die im Hangenden befindlichen Kalke und Dolomite als „Opponitzer Schichten". Aus dem unteren Theil der Lunzer Schichten (Reingrabener Schiefer nach Hertle) werden Posidonomya Wengenensis und Ammonites floridus, aus den Gößlinger Schichten Halobia Lommeli und Ammonites Aon, aus den Opponitzer Schichten Formen vom Torersattel bei Raibl als Leitfossilien erwähnt. Die Flora der Lunzer Schichten wurde später von Stur[154]) bearbeitet und mit jener der Lettenkohle in Franken und Schwaben identificiert.

Ein im Jahre 1864 von Alberti[155]) gemachter Versuch, die alpinen und außeralpinen Triasablagerungen zu vergleichen, enthält wenig Neues. Seine Meinung, der Virgloriakalk, die Guttensteiner Schichten und der Retzienkalkstein von Recoaro entsprächen dem oberen Muschelkalk, wurde von Schauroth, Sandberger und Eck unter Hinweis auf das Vorkommen der leitenden Brachiopodenformen im süddeutschen und oberschlesischen Wellenkalk bekämpft und 1867 konnte E. Beyrich[156]) aus dem Virgloriakalk von Sintwag bei Reutte eine Anzahl Cephalopoden beschreiben, welche die Uebereinstimmung dieses Horizontes mit dem Wellenkalk kaum noch zweifelhaft erscheinen läßt. Auch die genauen Untersuchungen von W. Benecke[157]) über die südtiroler und lombardische Trias lieferten bezüglich des Virgloriakalkes das gleiche Resultat. Die im Gegensatz zum einförmigen Muschelkalk so ungemein wechselvolle obere Trias zerlegt Benecke in drei Hauptgruppen. Die älteste oder Hallstätter Gruppe zerfällt wieder in zwei Unterabtheilungen, wovon die untere die Fischschiefer von Perledo, die Halobienschichten der Lombardei und Südtirols, ferner die Buchensteiner Kalke, Wengener und St. Cassianer Schichten enthält. Als Aequivalente dieser unteren Abtheilung betrachtet Benecke in Nordtirol die Partnachschichten, die Kalke vom Kerschbuchhof und Reifling. Zur oberen Abtheilung der Hallstätter Gruppe werden der Dolomit des Monte Salvatore, der Kalkstein und Dolomit von Esino, Lenna, Sasso Mattolina, Ardese ꝛc., der Schlerndolomit, der Arlbergkalk, Wettersteinkalk, Hallstätter Kalk und Kalkstein von Tratzberg gerechnet. Die zweite oder Raibler Gruppe beginnt mit den Raibler Schichten,

auf welche der Hauptdolomit mit Megalodon triqueter und Turbo solitarius folgt. Die dritte oder rhätische Gruppe enthält die Kössener oder Contortaschichten und den Dachsteinkalk.

Zwischen 1865 und 1869 veröffentlichte G. Laube[158]) eine umfangreiche und vortrefflich illustrierte Monographie der St. Cassianer Fauna, welche mancherlei Irrthümer Münster's und Klipstein's berichtigte und namentlich die angeblichen paläozoischen und jurassischen Arten aus der Welt schaffte. Laube betont den eigenartigen Charakter der St. Cassianer Fauna, hebt die große Verschiedenheit gegenüber der viel höher entwickelten Fauna der Hallstätter Kalke hervor und weist auf die größere Verwandtschaft mit jener der Raibler Schichten hin. A. v. Dittmar[159]), welcher eine große Anzahl neuer Arten aus dem rothen Marmor des Salzkammergutes und namentlich vom Sandling zu untersuchen Gelegenheit hatte, ist der Meinung, daß sowohl innerhalb des Hallstätter Kalkes als auch der St. Cassianer Schichten mehrere paläontologisch unterscheidbare Horizonte vorhanden seien. Zum Beweis dafür entwirft er Listen der Versteinerungsvorkommnisse von verschiedenen Localitäten im Salzkammergut.

Im Sommer 1866 begann Ed. v. Mojsisovics seine nunmehr über dreißig Jahre hindurch fortgesetzten Triasstudien. Die ersten Begehungen machte er in Begleitung seines Lehrers Ed. Sueß im Salzkammergut, nach deren Abschluß kurze Mittheilungen über die Gliederung und Ausbildung der Trias zwischen dem Hallstätter- und Wolfgangsee und des Osterhorns veröffentlicht wurden.[160]) Die gemeinsame Abhandlung der beiden Autoren[161]) beschäftigt sich eingehend mit den rhätischen und jurassischen Bildungen der Osterhorngruppe am Wolfgangsee. Im Anschluß an zwei mit scrupulöser Genauigkeit aufgenommene Profile im Königsbach- und Kendelgraben erläutert Sueß die verschiedene Faciesentwickelung der rhätischen Gruppe und führt die Bezeichnungen schwäbische, karpathische, Kössener und Salzburger Facies ein. In den zwei folgenden Jahren war v. Mojsisovics mit der speciellen Untersuchung der nordalpinen Salzlagerstätten betraut und erhielt dadurch Gelegenheit, auch einen Theil der nordtiroler und bayerischen Alpen zu begehen. Die Ergebnisse seiner persönlichen Beobachtungen und Literaturstudien sind in einer wegen der darin ausgesprochenen neuen Ansichten Aufsehen erregenden Abhandlung niedergelegt.[162]) v. Mojsisovics hält die bisherigen Versuche außeralpine und alpine obere Trias mit einander

Gliederung der oberen Trias in den Alpen nach Ed. v. Mojsisovics (1869).

1. Rhätische Stufe		Norische Alpen (Salzkammergut)	Nordtiroler Alpen	Lombardische Alpen	Südtiroler Alpen	Karnische Alpen (Raibl)	Oesterreichische Voralpen
B. Karnische Stufe	1. Larische Gruppe	Plattenkalk mit Semionotus Dachsteinkalk Wettersteinkalk	Seefelder Dolomit Wettersteinkalk	Dolomia media mit Megalodus triqueter Esinokalk	Dolomia media Torer Schichten (Heiligkreuz-Schichten) Schlern-Dolomit	Dolomia media Torer Schichten Dolomit	Dachsteinkalk Opponitzer Dolomit
	2. Badiotische Gruppe		Cardita-Schichten Lettenkohlenpflanzen Cardita-Schichten mit Am. floridus	Schichten von Gorno u. Dossena mit Myophoria Kefersteini	St. Cassian-Schicht. 1. Am. Eryx 2. Cardita crenata 3 Am floridus	Raibler Schichten mit Myophoria Kefersteini Bleiberger Schichten mit Am. floridus	Opponitzer Schichten Lunzer Sandstein Reingrabener Schiefer
		Hallstätter Kalk mit Am. Aonoides, Am subbullatus 2c.	Fossilfreier Kalk und Dolomit	Bänke mit Am. semiglobosus 2c.	Wengener Schichten	Fischschiefer von Raibl mit Lettenkohlenpflanzen	Ton Schiefer Lettenkohlenpflanzen
C. Norische Stufe	1. Halorische Gruppe	1. Hallstätter Kalk mit Am Metternichi 2. Zlambachschichten 3. Reichenhaller Kalk 4. Steinsalzlager	Fossilfreier Kalk und Dolomit Haselgebirg und Reichenhaller Kalk	Kalk von Ardese mit Am. Metternichi	Kalk und Dolomitmassen		?
		Partnach-Dolomit	Partnach-Dolomit (Arlbergkalk)	Kalk von Ardese	Kalk und Dolomit	Erzführender Kalk	?
	2. Oenische Gruppe	Pötschenkalk Knollenkalk mit Halobien	Partnach-Mergel mit Corbis Mellingi, Ostrea montis caprilis Lettenkohlenpflanzen Bactryllien- und Halobien-Schicht	Porphyrtuff mit Pflanzen, Bactryllien und Halobia Lommeli	Kieselkalk mit Halobia Lommeli Am. doleriticus, Archelaus	Porphyrtuff mit Lettenkohlenpflanzen	Knolliger Kieselkalk mit Halobia Lommeli

zu vergleichen für wenig glücklich und glaubt namentlich für die obere Trias von allen außeralpinen Bezeichnungen absehen zu müssen. Er sucht dieselbe nach dem von Oppel für den Jura gegebenen Vorbild auf rein paläontologischer Grundlage in Stufen, Gruppen und Zonen zu gliedern und glaubt, daß die pelagischen Sedimente der oberen alpinen Trias mehrere wohl unterscheidbare Cephalopodenfaunen enthalten, wovon die älteste mit Trachyceras doleriticus und Archelaus, die Partnachmergel und die kieseligen und knolligen Bänke mit Halobia Lommeli in den Nord- und Südalpen charakterisiert. Die zweite Cephalopoden-Fauna mit Ammonites Metternichi, zahlreichen Arcesten und Am. tornatus scheint auf die Zlambach- und die Hallstätter Schichten des Salzkammergutes beschränkt zu sein. Zwischen dieser und der nächsten Cephalopoden-Fauna mit Trachyceraten (T. Aonoides) und vielen anderen meist starkverzierten Ammoniten, die sich theils in den Hallstätter Kalken, theils in den St. Cassianer Schichten finden, läuft nach v. Mojsisovics die wichtigste Trennungslinie der oberen alpinen Trias hindurch. Auf Grund dieser paläontologischen Verschiedenheit zerlegt v. Mojsisovics die obere alpine Trias in drei Hauptstufen (Norische, Karnische und Rhätische), wovon die zwei ersteren wieder in je zwei Untergruppen zerfallen. Die Art und Weise, wie v. Mojsisovics im Jahre 1869 die verschiedenen Bildungen der alpinen Trias mit einander vergleicht und chronologisch ordnet, ergibt sich aus nebenstehender Tabelle (S. 638).

Diese Gliederung kann gegenüber den älteren Classificationsversuchen nur als ein Rückschritt bezeichnet werden. Sie enthält schwere Irrthümer und Unsicherheiten. Vor Allem ist „die wichtigste paläontologische Trennungslinie", welche zur Aufstellung der norischen und karnischen Stufen Veranlassung bot, stratigraphisch nicht nachweisbar und die Gleichaltrigkeit der beiden Hallstätter Stufen mit anderen alpinen Triasablagerungen nicht mit Sicherheit zu ermitteln.

Die Salzstöcke der Nordalpen werden nicht, wie bisher fast allgemein angenommen war, über die Werfener Schiefer, sondern über den Partnachdolomit gestellt, der nach Mojsisovics in Nordtirol und Bayern eine ansehnliche Verbreitung und Mächtigkeit besitzen soll. Die oberen Cardita-Schichten finden sich unter statt über dem Wettersteinkalk, der seinerseits viel zu hoch heraufgerückt ist und jünger als der ganze Complex des Hallstätter Kalkes sein soll. Aufnahmen im Innthal, Kaisergebirg und Karwendelgebiet in den Jahren 1869 und

1870 veranlaßten v. Mojsisovics[163]) zu wichtigen Aenderungen seiner oberen Triasgliederung. Ueber dem Muschelkalk folgen nunmehr als Vertreter der norischen Gruppe die unteren Cardita- oder Partnach-Schichten nebst dem Partnachdolomit; dann kommen abermals Cardita-Schichten als Aequivalente von St. Cassian, darüber der Wettersteinkalk, dann ein dritter, den Torer Schichten entsprechender Horizont von Cardita-Schichten und schließlich der Hauptdolomit. Im Jahre 1873 identificiert v. Mojsisovics[164]) den Arlbergkalk in Vorarlberg mit dem Partnachdolomit in Nordtirol und Bayern und bestreitet in Vorarlberg das Vorkommen von Wettersteinkalk.

Nachdem v. Mojsisovics auch einen Theil der südalpinen Trias aus eigener Anschauung kennen gelernt hatte, veröffentlichte er 1874 eine neue ideenreiche Abhandlung[165]) über Faunengebiete und Faciesgebilde der Trias in den Ostalpen, worin seine bisherigen Anschauungen in wesentlichen Punkten berichtigt werden. Zunächst weist er auf die eigenthümliche, geographisch eng begrenzte Cephalopoden-Fauna der norischen Stufe zwischen Berchtesgaden und dem Leithagebirge hin und erklärt deren Existenz durch einen nahezu vollständigen Abschluß dieser Region von dem übrigen Triasmeer während der Entstehung der Zlambach- und unteren Hallstätter Schichten. Erst mit Beginn der karnischen Stufe trat diese „juvavische Provinz" wieder mit dem übrigen alpinen Triasgebiet, welches die „mediterrane Provinz" bildet, in Verbindung, so daß sich Formen beider Provinzen in der juvavischen Region vermischten. In den norischen Hallstätter Kalken gab es keine Daonella, in den außerjuvavischen karnischen Bildungen keine Halobia. Hatte v. Mojsisovics in seinen ersten Arbeiten über die Trias der Faciesentwickelung der verschiedenen Ablagerungen im Gegensatz zu Richthofen, Gümbel u. A. nur geringe Bedeutung beigelegt, so finden diese Verhältnisse nunmehr eine sehr weitgehende Würdigung und führen zu einer wesentlichen Umgestaltung der früheren Triasgliederung. Die Triasstufen werden jetzt ganz unabhängig von ihrer lithologischen Ausbildung lediglich nach paläontologischen Merkmalen bestimmt und nach ihren marinen Faunen in Zonen gegliedert. Dem Buntsandstein entspricht eine einzige Fauna; der Muschelkalk enthält zwei, die obere dem Keuper entsprechende Trias nicht weniger als sieben Faunen, welche sich auf die norische, karnische und rhätische Stufe vertheilen. Die önischen, halorischen, badiotischen und larischen Gruppen werden eingezogen und die ganze Trias lediglich in fünf

Hauptstufen eingetheilt. Die unterste 1. der Buntsandstein schließt nach oben mit den Campiler Schichten ab, 2. der Muschelkalk enthält eine untere durch Trachyceras Balatonicum und Retzia trigonella und eine obere durch Am. Studeri und Daonella Parthanensis charakterisierte Zone, 3. die norische besteht a) aus der Zone des Trachyceras Reitzi (Buchensteiner und Zlambach-Schichten), b) aus der Zone der Daonella Lommeli und des Trachyceras Archelaus (Wengener Schichten, unterer Hallstätter Kalk, Pötschenkalk, Partnachmergel z. Th. und Wettersteinkalk), 4. die karnische Stufe umfaßt a) die Schichten von St. Cassian und den mittleren Theil des Hallstätter Marmors (Zone des Am. subbullatus), b) die Zone des T. Aonoides, c) die Raibler oder Cardita-Schichten, d) den Hauptdolomit, 5. die rhätische Stufe, den Dachsteinkalk und die Kössener Schichten.

In den Nordalpen kommen die drei unteren Cardita-Horizonte und der Partnachdolomit als selbständige Glieder in Wegfall; sie werden unter dem Namen Partnachmergel als heteropische Facies des Wettersteinkalkes betrachtet. Die oberen Cardita- oder Raibler Schichten leiten die karnische Stufe ein und unterlagern den Hauptdolomit. In Südtirol spielt der Schlerndolomit als Repräsentant der gesammten norischen und eines Theiles der karnischen Stufe, ja manchmal, wie an der Mendel, am Latemar, an der Marmolata sogar noch des Muschelkalks eine ungemeine wichtige Rolle. Er wird von Raibler Schichten bedeckt, auf welche alsdann wieder der Hauptdolomit folgt. Die Richthofen'sche Korallenrifftheorie findet nun im Gegensatz zu Gümbel und Emmrich in v. Mojsisovics einen begeisterten Anhänger, und durch sie werden die Faciesverschiedenheiten, namentlich in Südtirol, vielfach erklärt. Lunzer Sandstein, Cardita-Schichten, Heiligkreuz- und Torer Schichten sind nach v. Mojsisovics nur Faciesgebilde der Raibler Schichten und entsprechen einem einzigen paälontologischen Horizont. Gegen die Parallelisierung der verschiedenen Zonen der oberen alpinen Trias mit den außeralpinen erhebt v. Mojsisovics abermals Protest, da hiefür viel zu wenig Anhaltspunkte vorhanden seien. Namentlich dürfe die Flora der Lunzer Schichten nicht, wie Stur geglaubt hatte, zu einer sicheren Altersbestimmung (Lettenkohle) verwerthet werden. In einem besonderen, reich ausgestatteten Werk[166]) sucht v. Mojsisovics die Rifftheorie, die Bedeutung des Facieswechsels und seine 1874 aufgestellte Triasgliederung in Südtirol und

Venetien durch zahlreiche Detailbeobachtungen zu stützen, sowie die Umgrenzung und Beschaffenheit der juvavischen und mediterranen Provinz genauer zu bestimmen.

Ein großes Verdienst um die Kenntniß der alpinen Trias erwarb sich v. Mojsisovics durch systematisches Aufsammeln von Versteinerungen aus allen Theilen der Alpen und namentlich im Salzkammergut. Die Früchte dieser langjährigen Bemühungen sind in mehreren großen, mit wundervollen Tafeln ausgestatteten Monographieen niedergelegt, wovon die erste die Beschreibung der Cephalopoden der Zlambach- und Hallstätter Schichten im Salzkammergut enthält.[167]) Sie wurde 1873 begonnen und 1893 abgeschlossen. In einer zweiten Monographie[168]) sind sämmtliche Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz beschrieben und abgebildet; eine dritte[169]) liefert eine kritische Uebersicht der zahlreichen Arten von Halobia und Daonella. Die ungemein enge Fassung des Gattungs- und Artbegriffes durch v. Mojsisovics, die dadurch bedingte außerordentliche Formenzersplitterung und Erschwerung ihrer Bestimmung hat in paläontologischen Kreisen vielfach Widerspruch hervorgerufen, aber wie auch das Urtheil der Zukunft über die zahlreichen neuen Gattungen und Arten von Mojsisovics ausfallen mag, seine prachtvollen Tafelwerke werden stets eine wichtige Grundlage für die paläontologische Gliederung der Trias bilden und einen unvergänglichen Werth behalten.

Nicht weniger Angriffe als die paläontologischen Arbeiten erlitten die oben in ihrer chronologischen Reihenfolge erwähnten stratigraphischen und tektonischen Anschauungen von Mojsisovics, die im Lauf der Jahre durch ihren Urheber selbst starke Umgestaltungen erlitten hatten. Schon der ersten mit Sueß veröffentlichten Mittheilung vom Jahre 1866 über das Salzkammergut stellte D. Stur[170]) seine eigenen Erfahrungen gegenüber. Er fand in dem die Salzstöcke bedeckenden hydraulischen Kalk (den späteren Zlambachschichten Mojsisovics') an der Fischerwiese bei Aussee Korallen und in deren Nähe Ammoniten des Hallstätter Kalkes und unter dem Salzstock von Aussee Schiefer mit Halobia Lommeli. Dadurch schien ihm das Alter der Salzstöcke im Horizont des Lunzer Sandsteins gesichert zu sein. Die Hallstätter Kalke rücken aber dadurch in die obere Abtheilung der Trias über die Raibler Schichten hinauf und bilden nach Stur das Aequivalent des Hauptdolomits.

In der Geologie von Steyermark liefert D. Stur[171]) eine durchwegs auf eigene Beobachtung gestützte Schilderung der Triasbildungen in den nordöstlichen Alpen. Er gliedert dieselben in fünf Hauptstufen (1. Werfener Schiefer, 2. Recoaro-Kalk, 3. Reiflinger Kalk, 4. Lunzer Sandstein, 5. Opponitzer Kalk und Dolomit), wovon die drei unteren dem Buntsandstein, Wellenkalk und Muschelkalk entsprechen. Der Reiflinger Kalk ist identisch mit den Gößlinger Schichten, der Zone des Am. Studeri und dem Buchensteiner Kalk; der an seiner Basis befindliche Dolomit (Reiflinger Dolomit) vertritt den Mendolo-Dolomit Richthofen's. Die Wegener Schiefer bilden allenthalben die Unterlage der Lettenkohlengruppe, zu welcher die St. Cassianer-, Lunzer-, Reingrabener-, Partnach-, Cardita-, Bleiberger- und mittleren Raibler-Schichten mit Myophoria Kefersteini gerechnet werden. In den Keuper endlich stellt Stur den Opponitzer Kalk (= Torer, Heiligkreuzer, rothe Schlern-Schichten und unterer Hallstätter Marmor) und den Opponitzer Dolomit (= Hauptdolomit und oberer Hallstätter Kalk). Der Hauptfehler dieser Gliederung beruht in dem Heraufrücken der alpinen Salzstöcke in die Lettenkohlengruppe.

C. W. Gümbel[172]) suchte (1873) einige Irrthümer in der Gliederung der südtiroler Trias zu berichtigen, indem er nachwies, daß der Dolomit an der Mendel in seiner unteren Abtheilung zwar dem Muschelkalkdolomit mit Gyroporella pauciforata der Pufler Schlucht entspricht, nach oben aber in ächten Schlerndolomit übergeht, woselbst dieser von rothen Raibler Schichten bedeckt wird. Gümbel will darum den Mendola-Dolomit Richthofen's, weil identisch mit Schlern-Dolomit, beseitigen. Die Buchensteiner Schichten fehlen an der Mendel, werden aber am Schlern von Schiefern (Pietra verde) mit Halobien und Posidonomya Wengensis überlagert, auf welche sodann die St. Cassianer Schichten und über diesen der Schlern-Dolomit folgen. Gümbel stellt die den Buchensteiner Kalk unterlagernden Halobienschichten dem Partnachkalke zur Seite und erkennt darin noch Stellvertreter des oberen Muschelkalks. Die Lettenkohlengruppe beginnt Gümbel mit den St. Cassianer Schichten, die an der Mendel ebenfalls durch Dolomit ersetzt sind. Der Schlern-Dolomit ist wohl geschichtet, keineswegs das Produkt riffbauender Korallen, sondern eine dolomitische, an Gyroporellen reiche marine Kalkablagerung, welche einst als zusammenhängende Masse einen großen Theil von Südtirol bedeckte. Die Raibler Schichten identificiert Gümbel mit den nord-

alpinen oberen Cardita-Schichten und hält sie mit Sandberger für das Aequivalent des unteren Gypskeupers. Richthofen[173]) antwortet in verbindlicher Form auf die Angriffe Gümbel's, gibt zu, daß er die Uebereinstimmung des oberen Theils der Mendel mit dem Schlerndolomit übersehen habe, tritt jedoch für die Selbständigkeit der beiden Dolomite ein und begründet seine Rifftheorie gegenüber den Gümbel-schen Einwendungen von Neuem. In einer Mittheilung über das Kaisergebirge[174]) weist Gümbel die Nichtexistenz eines „Partnach-Dolomits" nach, sucht jedoch das Vorhandensein von zweierlei Cardita-Schichten unter und über dem Wettersteinkalk zu retten und bestreitet, daß die Partnachkalke und Mergel als Facies den Wettersteinkalk ersetzen können. Auch A. Pichler[175]) tritt 1875 für seine beiden Cardita-Horizonte von Neuem in die Schranken. Die Gümbel'schen Anschauungen über Muschelkalk, St. Cassianer Schichten und Schlern-Dolomit finden in einer sehr sorgsamen und inhaltsreichen Abhandlung von H. Loretz[176]) auch für die Ampezzaner, Enneberger und Buchensteiner Gegend und das Pusterthal volle Bestätigung. Ueber das Alter des viel umstrittenen Esinokalkes schaffte Benecke[177]) endlich Klarheit, indem er zeigte, daß die von Stoppani beschriebene Fauna überall unter den Raibler Schichten liegt. · Mojsisovics[178]) bestätigt 1880 die Beobachtungen Benecke's und zeigt, daß der Esinokalk im Val di Lenna direct über dem oberen Muschelkalk, am Comersee über den Fischschiefern von Perledo liegt und von den Raibler Schichten bedeckt wird. Seine Cephalopoden-Fauna spricht für Gleichaltrigkeit mit den Wengener-Schiefern und den Schichten von St. Cassian. Diese kurze aber gehaltvolle Mittheilung von Mojsisovics, die neueren Untersuchungen von Curioni[179]) über die Lombardei, von Th. N. Dale (1876) über das Val di Ledro, von Lepsius (1878) und Benecke (1884) über die Umgebung des Gardasees, Adamello, Judicarien und die lombardischen Alpen, die trefflichen Aufnahmsberichte Bittner's über Judicarien (1879 und 1883) und die Umgebung von Recoaro (1883), die Arbeiten von Taramelli (1880 und 1881), Varisco (1881), Deecke (1885), Parona (1889), M. Ogilvie (1892 und 1893) über die lombardische, venetianische und südtiroler Trias, sowie die paläontologischen Monographieen von Kittl, Joh. Böhm und Koken über triasische Gastropoden, von Bittner über Brachiopoden und Lamellibranchiaten, ferner die schöne Monographie von Salomon über die Fauna der

Marmolata stellten über die Gliederung und Parallelisierung der südalpinen Triasbildungen in allen wichtigeren Fragen ziemliche Uebereinstimmung her.

In den Nordalpen herrschte über die Partnach- und Cardita-Schichten, sowie vor Allem über die Stellung des Hallstätter Kalkes noch bis in die neueste Zeit Unklarheit. Die vom deutschen und österreichischen Alpenverein veranlaßten und von Rothpletz[180]) geleiteten Untersuchungen im Karwendelgebirge zeigten, daß die typischen Cardita-Schichten stets unter dem Hauptdolomit liegen und in ihrer Fauna entschieden von den Koninckina und Halobia führenden, unter dem Wettersteinkalk befindlichen Partnach-Schichten abweichen. Fast gleichzeitig erklärte v. Wöhrmann die von Gümbel den Partnach-Schichten zugeschriebenen pflanzenführenden Sandsteine als Einlagerungen der oberen Cardita-Schichten. Die Verbreitung der Partnach-Schichten in Bayern, Nordtirol, Vorarlberg und den östlichen Alpen verfolgte Skuphos und kommt dabei zu dem Ergebniß, daß sie stets das Liegende des Wettersteinkalkes bilden, bald in kalkiger, bald in mergeliger Facies auftreten, eine, wie bereits Eb. Fraas (1893) in seiner Beschreibung des Wendelsteins gezeigt hatte, von den oberen Cardita-Schichten abweichende und am meisten mit St. Cassian und oberen Reiflinger Schichten übereinstimmende Fauna enthalten und am besten als oberstes Glied des alpinen Muschelkalks gedeutet werden können. In Uebereinstimmung mit v. Wöhrmann erklärt Skuphos nicht nur die pflanzenführenden Sandsteine von Klais, Weißenbach, Ferchenbach u. s. w., sondern auch die unteren Cardita-Schichten Pichler's für Raibler Schichten. v. Wöhrmann[181]) befaßte sich in mehreren Abhandlungen eingehend mit der Fauna und der stratigraphischen Stellung der Cardita- oder Raibler Schichten in den Nordalpen und gliedert dieselben nach ihrem paläontologischen Inhalt in zwei Abtheilungen, wovon die untere in ihrer Fauna noch vielfache Uebereinstimmung mit St. Cassian aufweist, während die obere mit den Torer Schichten übereinstimmt. Die untere Abtheilung (Haller Schichten nach Rothpletz) wird nach oben durch pflanzenführende Sandsteine abgeschlossen. Nach v. Wöhrmann repräsentieren die Raibler Schichten die außeralpine Lettenkohlengruppe, ruhen auf Wettersteinkalk, Schlern-Dolomit, Esinokalk oder Tuffen und werden vom Haupt-Dolomit überlagert. Die Rauchwacken mit Gyps in Vorarlberg, die Opponitzer Kalke in Oesterreich, die Torer Schichten und Megalodonten-Dolomite in den

Südalpen entsprechen der oberen, die Lunzer und Reingrabener Schichten, die rothen Schichten vom Schlern und die schieferigen Kalke mit Myophoria Kefersteini der mittleren, die Schiefer mit Trachyceras Aon und Halobia rugosa der unteren Abtheilung. Den Wettersteinkalk und dessen Aequivalente betrachtet v. Wöhrmann als obersten Hauptmuschelkalk.

Die Hallstätter Kalke wurden von nahezu allen älteren Autoren in die untere Abtheilung der oberen Trias gestellt und allgemein als Aequivalent des in Bayern und Nordtirol verbreiteten Wettersteinkalkes betrachtet. Noch in der zweiten Auflage der Geologie von Oesterreich-Ungarn (1878) vertritt Frz. v. Hauer diese Anschauung und trennt zugleich die Kössener Schichten, den Dachsteinkalk und Haupt-Dolomit unter dem Namen rhätische Formation als selbständiges geologisches System von der Trias ab. Ed. v. Mojsisovics zerlegte 1869 den Hallstätter Kalk aus paläontologischen Gründen in zwei Stufen, wovon er die untere norische, die obere karnische nannte. Kurz darauf machte v. Mojsisovics[182]) die wichtige Entdeckung, daß in der Nähe des Hallstätter Sees an der Schreier Alp rothe marmorartige Kalksteine eine durch Ptychites Studeri und zahlreiche andere Cephalopoden charakterisierte entschiedene Muschelkalk-Fauna enthalten und daß somit auch dieser Horizont in der Facies des Hallstätter Kalkes auftreten kann. Spätere Funde am Lärcheck bei Hallein und bei Han Bulogh unfern Serajewo[183]) zeigten die ansehnliche Verbreitung dieser Facies des oberen Muschelkalkes. Zum gleichen Horizont rechnet v. Mojsisovics die Muschelkalkschichten von Sintwang bei Reutte, die von Oppel (1863) aus schwarzem Kalkstein des Himalaja beschriebenen Triascephalopoden, eine Anzahl in Spitzbergen und Ostsibirien aufgefundener Ammoniten, die von Mojsisovics[184]) und C. Diener[185]) monographisch bearbeitet wurden. 1869 betrachtete v. Mojsisovics den ganzen Complex der Hallstätter Kalke, welche damals nur aus der „juvavischen Provinz“ bekannt waren, für älter als die Cardita, St. Cassianer und Raibler Schichten, während sie Stur, wie bereits oben (S. 642) bemerkt, für Aequivalente des Haupt-Dolomits ansah. 1875 wurden ächte Hallstätter Versteinerungen in Siebenbürgen, später auch in Californien, im Felsengebirge und im Himalaja nachgewiesen. Damit war der Hypothese einer scharf abgegrenzten juvavischen Provinz die Grundlage entzogen und die Zweitheilung der alpinen Trias in eine juvavische und mediterrane Provinz hinfällig.

v. Mojsisovics sah sich darum 1892 zur Aufgabe seiner juvavischen Provinz genöthigt.[186])

Gleichzeitig nahm v. Mojsisovics auf Grund einer Anzahl hauptsächlich von Alex. Bittner bei Hernstein in Niederösterreich, im Hagengebirg, am hohen Göll und Hochschwab gemachten Versteinerungsfunde eine durchgreifende Reform in der Gliederung der nordalpinen Trias vor. Bittner hatte schon 1882 und 1884 die genannten fossilreichen Kalke als Einlagerungen im Dachsteinkalk und Haupt-Dolomit erkannt und daraufhin die ältere Ansicht von Stur über die Stellung des Hallstätter Kalkes vertheidigt. v. Mojsisovics[187]) überzeugte sich von der Richtigkeit der Bittner'schen Beobachtungen und wies zugleich nach, daß die sogenannten Zlambachschichten keinen selbständigen Horizont bilden, sondern nur thonreiche, linsenförmige heteropische Einlagerungen im norischen Hallstätter Kalk sind. Mit dem Wegfall der Zlambachschichten war aber auch die Stellung des norischen Hallstätter Kalkes, als deren Basis bisher die Zlambachschichten galten, erschüttert und v. Mojsisovics versetzte nun die bisherigen norischen Kalke über die karnischen, indem er ihnen den durch Aufhebung der juvavischen Provinz freigewordenen Namen „juvavische Stufe" beilegt. Die karnischen Hallstätter Kalke mit Am. Aonoides und subbullatus, welche nach der jetzigen Auffassung von Mojsisovics durch keine Discordanz von den juvavischen geschieden sind und paläontologisch mancherlei Uebereinstimmung mit den Raibler Schichten erkennen lassen, werden nunmehr unmittelbar über die letzteren in die Region des Dachsteinkalks und Haupt-Dolomits hinauf geschoben. Auf ihnen liegen die juvavischen Kalke, welche oben von der rhätischen Stufe begrenzt werden. Für die norische Stufe bleiben demnach, da auch die Salzstöcke, die Reichenhaller Schichten, der Pötschenkalk und der Partnach-Dolomit von v. Mojsisovics daraus entfernt werden, in den norischen Alpen nur noch die Knollenkalke mit Halobia Lommeli und einer höchst ärmlichen Fauna übrig. Die juvavische Stufe wird wieder in fünf Zonen zerlegt, deren chronologische Reihenfolge sich vorerst allerdings nicht auf stratigraphischem, sondern nur in höchst unsicherer Weise auf paläontologischem Wege nach „phylogenetischen Gründen" bestimmen läßt. Gegen die Creirung der neuen juvavischen Stufe erhob Bittner in einer Reihe von theils im Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, theils im Selbstverlag veröffentlichten Streitschriften Widerspruch, indem er die Zulässigkeit einer Namens-

veränderung der ursprünglich in erster Linie für die Hallstätter Kalke mit Am. Metternichi geschaffenen norischen Stufe bestritt. Bittner will den Namen „norisch" für die genannten Schichten aufrecht erhalten wissen und versetzt darum die norische Stufe über die karnische. Die durch diese Meinungsverschiedenheit hervorgerufene lebhafte Polemik nahm von Seiten Bittner's einen immer heftigeren und schließlich höchst persönlichen Charakter an, so daß auch weitere Kreise in diesen Parteihader hereingezogen wurden. Je nachdem die Begriffe „norisch und karnisch" im Sinne von Mojsisovics oder von Bittner Anwendung fanden, erlangten sie eine ganz verschiedene Bedeutung. Es entstand dadurch Unsicherheit und Verwirrung in der Literatur, die sich dadurch noch vergrößerte, daß Bittner für den nach Ausscheidung der norischen Hallstätter Kalke übrig bleibenden Rest der norischen Stufe, welchem er noch die St. Cassianer und Wengener Schichten, den Wetterstein- und Esinokalk und den Schlern-Dolomit beigesellte, die Bezeichnung „ladinische Stufe" einführte, daß eine große Anzahl österreichischer Geologen sich für die Namen „norisch, karnisch und ladinisch" im Bittner'schen Sinne aussprach und schließlich, daß v. Mojsisovics neuestens (1898), einem Vorschlag von Sueß, Diener und R. Hoernes folgend, seine norische Stufe ganz fallen ließ und für die von Bittner als „norisch" bezeichneten Ablagerungen den Namen „juvavische Stufe" anwandte.

Durch die Entdeckung reicher Fundstätten triasischer Versteinerungen im Himalaja und der Salt Range durch Strachey, Stoliczka, Griesbach, Fleming und Theobald, deren monographische Beschreibung von W. Waagen[188]), C. Diener[189]) und Ed. v. Mojsisovics[190]) durchgeführt wurde, erhielt die Gliederung der pelagischen Triasablagerungen eine weitere und universellere Ausbildung. Die für die Alpen aufgestellten Stufen und Zonen wurden mit kleinen Modificationen auch auf Ostindien übertragen und so von den drei genannten Autoren die gesammte Trias in vier Serien (Skytische, Dinarische, Tirolische und Bajuvarische), 8 Stufen, 15 Unterstufen und 22 Zonen eingetheilt. Jede Unterstufe und Stufe erhielt einen besonderen Namen, so daß nunmehr ein wahres Füllhorn von neuen Bezeichnungen über die Trias ausgegossen ist, durch welche das Verständniß der Literatur sicherlich nicht erleichtert wird. Gegenwärtig herrscht wohl über die stratigraphische Reihenfolge der alpinen Triasgebilde ziemliche Uebereinstimmung, dagegen fehlt es über

die Aequivalente der alpinen und außeralpinen Stufen und Zonen nicht an widerstreitenden Meinungen. Wo z. B. in den Alpen der Muschelkalk endigt und die Lettenkohle beginnt, ob Wettersteinkalk, Esino- und Marmolatakalk, St. Cassianer Schichten als oberster Muschelkalk oder als Glieder der Lettenkohlengruppe zu betrachten sind, ob die Lunzer und Raibler Schichten der Lettenkohle oder dem unteren Gypskeuper entsprechen, bleibt noch durchaus strittig.

Anmerkungen zum 5. Kapitel der 4. Periode.

Abschnitt A und B a bis f.

[1]) Humboldt Al. v. Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux Hemisphères. Paris 1822. Deutsch von K. C. v. Leonhard. Straßburg 1823.

[2]) Conybeare W. D. and Phillips William. Outlines of the Geology of England and Wales with an introductory Compendium of the general principles of that science and comparative views of the Structure of foreign countries. London 1822.

[3]) Brongniart Al. Sur les caractères zoologiques des formations. Annales des Mines. 1821.

[4]) Brongniart Al. Tableau des Terrains, qui composent l'écorce du globe, ou Essai sur la Structure de la Partie connue de la Terre. Paris 1829.

[5]) Omalius d'Halloy. Éléments de Géologie. Paris 1831. Die 5. bis 8. Auflage dieses Werkes erschienen unter dem Titel Précis élémentaires de Géologie. Die 8. Aufl. 1868.

[6]) De la Beche. Geological Manual. London 1831.

[7]) Desnoyers. Sur les dépôts marins plus recents que les terrains tertiaires du Bassin de la Seine. Ann. Sciences natur. 1829. vol. XVI.

[8]) Deshayes P. Bulletin Société géologique de France 1831. vol. I. sowie Ann. des Sciences nat. 1831. vol. XXIV. p. 176—184.

[9]) Bronn H. G. Italiens Tertiär-Gebilde und deren organische Einschlüsse. Heidelberg 1831.

[10]) Bronn H. G. Lethaea geognostica oder Abbildungen und Beschreibungen der für die Gebirgsformationen bezeichnendsten Versteinerungen. 2 Bände mit Atlas. Stuttgart 1835—1838.

[11]) Steininger. Geognostische Studien am Mittelrheine 1819; Gebirgskarte der Länder zwischen dem Rheine und der Maas mit Erläuterungen. 1822. Bemerkungen über die Versteinerungen des Uebergangs-Gebirges der Eifel. Trier 1831 und 1849. Die erste Abhandlung auch in den Mémoires de la Société géologique de France. vol. I.

[12]) Dechen H. v. in Nöggerath's Gebirge in Rheinland-Westphalen. Bd. II. 1823.

[13]) Stifft C. E. Geognostische Beschreibung d. Herzogthums Nassau. 1831.

[14]) Omalius d'Halloy. Mémoires pour servir à la description géologique des Pays-Bas. Namur 1828. Mit einer geologischen Uebersichtskarte.

[15]) Dumont A. Mémoire sur la constitution géologique de la Province de Liège. Mém. couronné de l'Acad. roy. de Belgique. VIII. 1832.

[16]) London and Edinburgh Philos. Mag. 1835. S. 48.

[17]) The Silurian System founded on geological researches in the counties of Salop, Hereford, Radnor, Montgomery, Caermarton, Brecon, Pembroke, Monmouth, Gloucester, Worcester and Stafford. part. I a. II. London 1839.

[18]) Transactions geol. Soc. 2th ser. vol. V. 1839.

[19]) Sedgwick and Murchison. On the distribution and classification of the Older or Palaeozoic Deposits of the North of Germany and Belgium. Transactions Geol. Soc. 1842 vol. VI; followed by a description of the fossils by d'Archiac and Verneuil. Ins Deutsche übersetzt von G. Leonhard unter dem Titel: Ueber die älteren oder paläozoischen Gebilde im Norden von Deutschland und Belgien, verglichen mit den Formationen desselben Alters in Großbritannien nebst einer Uebersicht der Fauna der paläozoischen Gebilde in den Rheinlanden ꝛc. von d'Archiac und Verneuil. Stuttgart 1844.

[20]) Phillips John. Figures and descriptions of the Palaeozoic fossils of Cornwall, Devon and West Somerset. London 1841.

[21]) Murchison, de Verneuil and v. Keyserling. The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains. vol. I. Geology. London. (Ins Deutsche übersetzt von G. Leonhard. Stuttgart 1848.) vol. II. Paléontologie 1845. (In französischer Sprache.)

[22]) Quarterly journ. geol. Soc. London 1852. VIII. S. 1.

[23]) Murchison Sir Rod. Siluria. The History of the oldest fossiliferous Rocks and their foundations. London 1854 (die 3. und letzte Auflage 1859).

[24]) Sedgwick Ad. and Fr. M'Coy. A Synopsis of the Classification of the British Palaeozoic Rocks by Ad. Sedgwick with a systematic description of the Britsh Palaeozoic fossils in the Geological Museum of the University of Cambridge. London and Cambridge 1851—1855.

[25]) Salter J. W. A Catalogue of the Collection of Cambrian and Silurian Fossils contained in the Geological Museum of Cambridge with a preface by the Rev. Ad. Sedgwick and a Table of Genera and Index added by Prof. Morris. Cambridge 1873.

[26]) Logan W. E. Geology of Canada. 1863.

[27]) Gümbel C. W. Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges. Gotha 1868.

[28]) Nathorst A. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Pal. 1892. I. S. 169.

[29]) Hicks H. Quart. journ. geol. Soc. 1877. XXXIII. S. 229. 1878. XXXIV. S. 147. XXXV. S. 285 u. 1884. XL. S. 507.

[30]) Nathorst A. Om de äldre sandstens- och skifferbilningarna vid Vettern. Geol. fören. forh. 1879. S. 421.

[31]) Sterry Hunt. Les schistes crystallins. Internat. Geol. Congress London. 1888. S. 1—15.

[32]) van Hise Ch. R. Correlation Papers. Archaean and Algonkian. Bull. U. S. geol. Survey. No. 86. 1892.

[33]) Barrois Ch. Ann. Soc. géol. du Nord. 1883—1894.

[34]) Cayeux L. Ibid. vol. XXII u. XXIII und Bull. Soc. géol. de Fr. 1894. XXII. S. 197.

[35]) Bull. Soc. géol. de France 1847. 2. sér. IV. S. 646.

[36]) Bigsby J. J. A synoptical view of the mineralogical and fossil characters of the Palaeozoic Strata of the State of New York. Quart. journ. Geol. Soc. 1858. XIV. S. 335.

[37]) Emmons Ebenezer. The Taconic System, based on observations in New York, Massachusetts, Maine, Vermont and Rhode Island. Albany 1844.

[38]) Emmons Eb. American Geology. vol. I. Albany 1855 und Manual of Geology. New York 1859.

[39]) Barrande et Marcou. On the Primordial fauna and the Taconic System. Proceed. Boston Soc. Nat. Hist. 1860. VII. S. 369.

[40]) Barrande J. Documents anciens et nouveaux sur la faune Primordiale et le Système Taconique en Amérique. Bull. Soc. géol. France. 1861. XVIII. S. 203.

[41]) Marcou Jules. The Taconic and Lower Silurian Rocks of Vermont and Canada. Proceed. Boston Soc. nat. hist. 1861. VIII. S. 239 — The Taconic System and its position in stratigraphic geology. Proceed. Amer. Acad. Arts and Sciences 1865. XII. S. 174. — The Taconic of Georgia and the Report of the Geology of Vermont. Mem. Boston. Soc. nat. hist. 1887. V. — Palaeontologic and stratigraphic »Principles« of the Adversaries of the Taconic. American Geologist. 1888. — The lower and middle Taconic of Europe and North America. ibid. 1890. S. 357.

[42]) Salter J. W. New fossils from the Lingula-Flags of Wales. Quart. journ. geol. Soc. 1864. XX. S. 233. 1865. XXI. S. 476.

[43]) Salter and Hicks. On some fossils of the Menevian Group ibid. 1868. XXV. S. 51.

[44]) Geolog. Magaz. new ser. 1879. Dec. II. vol. VI.

[45]) Matthew G. F. Trans. Roy. Soc. Canada vol. VII a. vol. XI. — Transactions New York Acad. Sciences 1895. XIV a. 1896. XV.

[46]) Hague Arnold. On the Geology of the Eureka District. 3th Ann. Rep. U. S. geol. Survey for 1881/82. Washington 1884

[47]) Walcott Ch. D. Palaeontology of the Eureka District. Monographs of the U. S. Geol. Survey 1884. VIII. — On the Cambrian Faunas of North America. Bull. U. S. Geol. Surv. 1884. No. 10 a. 1886. No. 30. — The Fauna of the lower Cambrian or Olenellus Zone. 10th Ann. Rep. U. S. geolog. Surv. 1890.

[48]) Barrande Joachim. Système Silurien du Centre de la Bohême 1ère partie. Recherches paléontologiques. Vol. 1. Crustacées, Trilobites. Prague et Paris 1852.

[49]) Barrande J. Defense des Colonies I—IV. Prague 1861—1881.

[50]) Kayser Em. Fauna der ältesten Devonablagerungen des Harzes. Abhandlungen d. preuß. geol. Landesanstalt 1878.

[51]) Angelin N. P. Palaeontologia Suecica 1852 u. Palaeontologia Scandinavica. 1854. Holmiae (2. Aufl. 1878).

[52]) Kjerulf Theodor. Das Christiania-Silurbecken. 1855. — Ueber die Geologie des südlichen Norwegens. Christiania 1857.

[53]) Broegger W. C. Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christiania-Gebiet und auf Eker. Christiania 1882.

[54]) Kiär Johann. Faunistische Uebersicht der Etage 5 des Norwegischen Silursystems. Dissert. München 1897.

[55]) Pander Ch. H. Beiträge zur Geognosie des russischen Reiches. St. Petersburg 1830.

[56]) Schmidt Fr. Untersuchungen über die silur. Format. von Esthland rc. Archiv für Naturk. Livland, Esthland u. Kurland 1858. I. Ser. II.

[57]) Schmidt Fr. Revision der ostbaltischen Trilobiten. Mém. Acad. St. Petersburg 1881—1894.

[58]) Stache G. Verhandl d. geol. Reichsanstalt 1872. S. 234. — Jahrb. der geolog. Reichsanstalt 1874. XXIV. S. 269. — Ueber die Silurbildungen der Ostalpen mit Bemerkungen über die Devon-, Carbon- und Perm-Schichten dieses Gebietes. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1884. XXXVI. S. 277.

[59]) Roemer Friedr. Adolph. Die Versteinerungen des Harzgebirges. Hannover 1843.

[60]) Palaeontographica. Bd. III (1850 u. 1852), V (1855), IX (1860), XIII (1866).

[61]) Beyrich E. Beiträge zur Kenntniß der Versteinerungen des Rhein. Uebergangsgebirges. Berlin 1837. 4°.

[62]) Roemer Ferd. Das Rheinische Uebergangsgebirge. Eine paläontologisch-geognostische Darstellung. Hannover 1844.

[63]) Sandberger Fridolin. Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1847.

[64]) Sandberger Guido und Fridolin. Die Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau. Atlas mit 39 Tafeln. Wiesbaden 1850 bis 1856.

[65]) Dumont A. Mémoires sur les Terrains Ardennais et Rhénan de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Condroz. Mém. Acad. de Belgique. t. XX et XXII.

[66]) Richter. Zahlreiche Aufsätze in der Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellschaft von 1849 bis 1872.

[67]) Geinitz H. B. Die Versteinerungen der Grauwackenformation in Sachsen. I u. II. Leipzig 1852 u. 1853.

[68]) Gümbel C. W. Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges. Gotha 1879.

[69]) Dumont A. Mémoires sur les terrains Ardennais et Rhénan. Mém. Acad. Roy. de Bruxelles. 1847. t. XX und 1848. t. XXI mit geologischer Karte.

[70]) Gosselet Jules. Mém. sur les Terrains primaires de la Belgique des environs d'Avesnes et du Boulonnais. Paris 1860. — L'Ardenne. Mém. pour servir à l'explic. de la carte géol. de France. Paris 1888.

[71]) Kayser Em. Zahlreiche Abhandlungen in der Zeitschrift d. deutschen gelog. Ges. seit 1870.

[72]) Giebel. Die silurische Fauna des Unterharzes. Abhandl. d. naturw. Ver. f. Sachsen u. Thüringen in Halle. Bd. I. 1858.

[73]) Trenkner W. Paläontologische Novitäten vom nordwestlichen Harz. I u. II. Abhandlg. Naturf. Ges. Halle. Bd. X. 1867. 1868.

[74]) Kayser Em. Die Fauna der ältesten Devonablagerungen des Harzes mit Atlas von 36 Tafeln. Abhandlungen d. preußischen geolog. Landesanstalt. Bd. II. 1878.

[75]) Beushausen L. Beiträge zur Kenntniß des Oberharzer Spiriferensandsteins und dessen Fauna mit 6 Tafeln. ibid. Bd. VI. 1884.

[76]) L. de Koninck. Description des animaux fossiles, qui se trouvent dans le terrain carbonifère de Belgique. Liège 1842—1844. 4° mit 60 Tafeln. Supplément 1851.

[77]) M'Coy Fred. A Synopsis of the Characters of the carboniferous limestone fossils of Armagh. Dublin 1844. 4° mit 29 Tafeln.

[78]) Phillips John. Illustrations of the Geology of Yorkshire. Part. II. The Mountain limestone district. London 1836. 4°.

[79]) de Koninck. Faune du calcaire carbonifère de la Belgique. Bruxelles 1878—1888.

[80]) de Koninck. Monographie des Genres Productus et Chonetes. Bruxelles 1847.

[81]) Dupont Ed. Echelle stratigraphique du calc. carbonifère de la Belgique. Bull. Ac. Roy. Belg. 1865. XX u. 1871. XXXI.

[82]) de Koninck. Monographie des foss. carbonif. de Bleiberg. Bruxelles 1873.

[83]) Stache G. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1874. XXIV. und Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1884. S. 375.

[84]) Trautschold A. Die Steinbrüche von Miatschkowo. Moskau 1874 bis 1879. — Struve. Carbonablagerungen im Moskauer Becken. Mém. Acad. St. Petersburg 1886.

[85]) Möller V. v. Geolog. Beschreibung der Ilim'schen und Utkin'schen Krongüter im Ural. St. Petersburg 1875 (russisch). — Die Foraminiferen des

russischen Kohlenkalks. Mém. Acad. St. Pétersb. 1878. t. XXV u. 1879. t. XXVII. — Sur la composition et les divisions générales du Système carbonifère. Congrès internat. de Géologie à Paris 1878.

[86]) Tschernitschew, Latugin et Lebedew. Travaux exécutés dans le Bassin houiller du Donetz. Bull. Comité géolog. Russie 1892 à 1894.

[87]) Geinitz H. B. u. Gutbier A. v. Die Versteinerungen des Zechsteingebirges und Rothliegenden oder des permischen Systems in Sachsen. Leipzig 1848 u. 1849.

[88]) Marcou Jules. Lettres sur les Roches du Jura. 1858. S. 208. — Dyas et Trias. Archives des Scienc. de la Biblioth. univ. Genève 1859.

[89]) Geinitz H. B. Dyas oder die Zechstein-Formation und das Rothliegende. Leipzig 1861—1862; mit Nachträgen I u. II. 1880 u. 1882.

[90]) Weiß E. Verhandlungen d. naturhist. Ver. Rheinl.-Westfalens 1868 und Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenform. u. d. Rothliegenden im Saar-Rhein-Gebiet 1869—1872.

[91]) King W. Monograph of the Permian fossils of England. Palaeont. Soc. 1850.

[92]) Stache G. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1877 u. 1878.

[93]) Karpinsky A. P. Ammoneen der Artinsk-Stufe. Mém. Acad. St. Petersburg 1889.

[94]) Abich Herm. Eine Bergkalkfauna aus der Araxes-Enge bei Djoulfa in Armenien. Wien 1878.

[95]) Meek F. B. Palaeontology of Eastern Nebraska. Hayden's Rep. U. S. geol. Surv. Nebraska 1872.

[96]) Waagen W. Salt Range Fossils. Productus Limestone. Palaeontologia Indica. Calcutta 1879—1888.

[97]) Gemmellaro G. G. Fauna dei calcari con Fusulina della valle del fiume Sosio. Palermo 1887—1899 (unvollendet).

[98]) Frech Fr. Die Karnischen Alpen. 1893.

[99]) Sitzungsberichte der Berliner Akad. d. Wissenschaften 1898. S. 693.

[100]) Mem. geol. Survey India. vol. I. 1856.

[101]) Merian Peter. Beiträge zur Geognosie. I. Uebersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in der Umgebung von Basel. 1821.

[102]) v. Oeynhausen, v. Dechen und v. La Roche. Geognostische Umrisse der Rheinländer zwischen Basel und Mainz mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen des Steinsalzes. 2. Theil. Essen 1825.

[103]) Alberti Friedr. v. Die Gebirge des Königreichs Württemberg in besonderer Beziehung auf Halurgie mit Anmerkungen von Schübler. Stuttgart 1826.

[104]) Merian Peter. Beiträge zur Geognosie. II. Geognostische Uebersicht des südlichen Schwarzwaldes. Basel 1831.

[105]) Elie de Beaumont. Annales des Mines 1828. IV. — Mém. pour servir à une description géolog. de la France. vol. I. 1830.

[106]) Alberti Fr. v. Beiträge zu einer Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und ihre Verbindung zu einer Formation. Stuttgart und Tübingen 1834.

[107]) Mémoires Soc. géol. de France 1835. tome II.

[108]) Schimper W. Ph. et Mougeot A. Monographie des Plantes fossiles du grès bigarré de la chaîne des Vosges. Leipzig 1844.

[109]) Quenstedt Fr. Aug. Das Flözgebirge Württembergs. Tübingen 1843.

[110]) Alberti Fr. v. Ueberblick über die Trias mit Berücksichtigung ihres Vorkommens in den Alpen. Stuttgart 1864.

[111]) W. Benecke. Abhandlungen zur geolog. Specialkarte von Elsaß-Lothringen. Bd. I. 1877.

[112]) Sedgwick and Murchison. A sketch of the structure of the Eastern Alps with sections, plates and map. Trans. London geol. Soc. 1831.

[113]) Lill v. Lilienbach. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1830. S. 153. 1833. S. 1.

[114]) Bronn H. G. ibid. 1831. S. 150.

[115]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1834. S. 1.

[116]) Münster. Beiträge zur Petrefaktenkunde. IV. 1841.

[117]) A. v. Klipstein. Beiträge zur geologischen Kenntniß der östlichen Alpen. Gießen 1843.

[118]) Emmrich H. Die Schichtenfolge der Flözgebirge des Gaberthals, der Seißer Alp und bei St. Cassian. N. Jahrb. f. Mineralogie 1844. S. 791.

[119]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1845. S. 680.

[120]) Hauer Frz. v. Die Cephalopoden des Salzkammergutes. Wien 1846.

[121]) Hauer Franz v. Ueber die Cephalopoden des Muschelmarmors von Bleiberg. Haidinger's naturw. Abhandl. Bd. I. 1846.

[122]) Hauer Franz v. ibid. 1847. Bd. I. 1849. Bd. III und Denkschriften der Wiener Akad. Bd. IX. 1855.

[123]) Morlot A. v. Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. Wien 1847.

[124]) Hauer Frz. v. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1850. I. S. 17.

[125]) Hauer Frz. v. Ueber die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen. ibid. 1853. IV. S. 715.

[126]) ibid. 1853. IV. S. 80.

[127]) A. Escher von der Linth. Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzenden Gegenden. Denkschr. d. Schweiz. Ges. für Naturw. Zürich 1853.

[128]) Curioni. Giornale dell' J. R. Istituto Lombardo. 1855. Nuovo serie fasc. 39—41. p. 204—237 und Mem. J. R. Istituto Lomb. 1858. VII.

[129]) Hauer Franz v. Ein geologischer Durchschnitt der Alpen von Passau bis Duino. Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Cl. 1857. Bd. XXV.

[130]) Hauer Franz v. Ein Beitrag zur Fauna der Raibler Schichten. ibid. 1857. XXIV.

[131]) Hauer Franz v. Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt 1858. IX. S. 445.

[132]) Stoppani Antonio. Studii geologici e paleontologici sulla Lombardia. Milano 1857.

[133]) Stoppani Antonio. Paléontologie Lombarde. Les Pétrifications d'Esino. Milan 1858—1860.

[134]) Sueß Ed. Ueber die Brachiopoden der Kössener Schichten. Denkschriften der k. k. Akad. Wien. Bd. VII. 1854.

[135]) Merian Peter. Verhandl. naturf. Gesellschaft Basel. 2. Heft. 1855. S. 304.

[136]) v. Richthofen Ferd. Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtyrol. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1859. X. S. 72 u. 1862. XII. S. 1.

[137]) v. Richthofen Ferd. Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, Sanct Cassian und der Seißer Alp mit einer geognostischen Karte und vier Profiltafeln. Gotha 1860.

[138]) Stur Dionys. Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt 1868. XVIII. S. 556.

[139]) Oppel Alb. und Sueß Ed. Ueber die muthmaßlichen Aequivalente der Kössener Schichten. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Cl. der k. k. Akad. Wien. 1856. Bd. XXI.

[140]) Oppel Alb. Württemberg. naturwissenschaftl. Jahreshefte 1859.

[141]) Winkler G. Die Schichten der Avicula contorta inner- und außerhalb der Alpen. München 1859. — Der Oberkeuper nach Studien in den bayerischen Alpen. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft 1861.

[142]) Martin Jules. Paléontologie stratigraphique de l'Infralias du Département de la Côte d'or etc. Mém. Soc. géol. de France. 2 sér. VII. 1860. — De la Zone à Avicula contorta et du Bonebed de la Côte d'or. Mém. Acad. Sciences Dijon. XI. 1863.

[143]) Stoppani Antonio. Paléontologie Lombarde. Géologie et Paléontologie des Couches à Avicula contorta en Lombardie. Milan 1860 à 1864.

[144]) Gümbel C. W. Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. Gotha 1861.

[145]) Dittmar Alphons v. Die Contorta-Zone, ihre Verbreitung und ihre organischen Einschlüsse. München 1864.

[146]) Martin J. Mém. Acad. Sciences Dijon. XII. 1865.

[147]) Gümbel C. W. Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861.

[148]) Pichler A. Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt Wien. 1856. IV.

[149]) Pichler A. Beiträge zur Geognosie von Tyrol mit Karte und 30 Profilen. Innsbruck 1859.

[150]) Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1866. XVI. 73 (u. dritte Abtheilung der Beiträge zur Geognosie von Tirol. 1867).

[151]) Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1867. XVII. S. 553.

[152]) Stur D. Beiträge zur Kenntniß d. geol. Verhältnisse von Kaltwasser u. Raibl. ibid. 1868. XVIII. S. 71.

[153]) Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1865. XV. 1.

[154]) Stur D. Sitzungsberichte der k. k. Akademie d. Wissenschaften 1885. Bd. XCI.

[155]) Alberti Fr. v. Ueberblick über die Trias. Stuttgart 1864.

[156]) Beyrich E. Ueber einige Cephalopoden aus dem Muschelkalk der Alpen. Abhandl. d. Berl. Akad. 1867.

[157]) Benecke W. Geognostisch-paläontolog. Beiträge. I. Trias und Jura in den Südalpen. München 1866.

[158]) Laube G. Die Fauna der Schichten von St. Cassian. Denkschr. d. mathem.-naturw. Classe der Akademie d. Wiss., Wien. Bd. XXIV, XXV u. XXX. 1865—1869.

[159]) Dittmar Alph. v. in Benecke, Geognost.-paläont. Beiträge. Bd. II. Zur Fauna d. Hallstätter Kalke. München 1866.

[160]) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1866. XVI. S. 159 bis 170.

[161]) Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1868. XVIII. S. 167.

[162]) Mojsisovics Ed. v. Ueber die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1869. XIX. S. 91.

[163]) Mojsisovics Ed. v. Beiträge zur topischen Geologie der Alpen. 1. Die nordtiroler Kalkalpen ꝛc. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1871. XXI. 189.

[164]) ibid. 1873. XXIII. S. 137.

[165]) ibid. 1874. XXIV. S. 81—134.

[166]) Mojsisovics v. Mojsvár Edm. Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879.

[167]) Mojsisovics v. Mojsvár Ed. v. Das Gebirge um Hallstatt. I. Die Cephalopoden des Hallstatter Kalkes. Abhandlungen d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. VI. I. 1873. II. 1893.

[168]) Mojsisovics v. Mojsvár Ed. v. Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz ibid. Bd. X. 1882.

[169]) Mojsisovics v. Mojsvár Ed. v. Ueber die triasischen Pelecypoden-Gattungen Daonella und Halobia. ibid. Bd. VII. 1874.

[170]) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1866. XVI. S. 175.

[171]) Stur D. Geologie der Steiermark. Graz 1871.

[172]) Gümbel C. W. Geognostische Mittheilungen aus den Alpen. I. Das Mendel- und Schlerngebiet. Sitzungsber. d. mathem.-physik. Cl. d. bayer. Akademie. 1873.

[173]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1874. XXVI. S. 225.

[174]) Sitzungsber. d. mathem.-phys. Cl. d. bayer. Akad. 1874.

[175]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1875.

[176]) Loretz H. Das Tirol-Venetianische Grenzgebiet der Gegend von Ampezzo. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1874. XXVI. S. 377—516 u. 1875. XXVII. S. 784.

[177]) Geognost.-paläontolog. Beiträge. Bd. II. 1876 und Neues Jahrbuch für Mineralogie 1884. I. S. 81 u. Beilage Bd. III. 1885.

[178]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1880. XXX. S. 695.

[179]) Curioni G. Geologia. part. I. Geologia applicata della Provincia Lombarda. Milano 1877.

[180]) Rothpletz A. Das Karwendelgebirg. Zeitschrift des deutschen und österr. Alpenvereins 1888.

[181]) v. Wöhrmann S. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1888. XXXVIII. S. 71.

[182]) v Wöhrmann Sidney. Die Fauna der sog. Cardita- und Raibler Schichten in den Nord-Tiroler und bayerischen Alpen. ibid. 1889. XXXIX. S. 181. — Die Raibler Schichten nebst kritischer Zusammenstellung ihrer Fauna ibid. 1893. Bd. 43. S. 617.

[183]) Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt 1869. XIX. S. 567.

[184]) Hauer Franz v. Die Cephalopoden des Bosnischen Muschelkalkes von Han-Bulog bei Serajewo. Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. d. k. k. Akademie Wien. 1887. LIV. und 2 Nachträge ibid. 1892. Bd. LIX u. 1896. Bd. LXIII.

[185]) Mojsisovics Ed. v. Arktische Triasfaunen. Mém. Acad. imp. St. Petersbourg. t. XXXIII. No. 6.

[186]) Diener Carl. Triadische Cephalopoden-Faunen der ostsibirischen Küstenprovinz. ibid. 1895. t. XIV. No. 3.

[187]) Mojsisovics Ed. v. Die Hallstätter Entwickelung der Trias. Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wissenschaften Wien, mathem.-naturw. Cl. 1892. Bd. CI.

[188]) Mojsisovics Edm. v. Ueber den chronologischen Umfang des Dachsteinkalks. Sitzungsberichte d. k. k. Akademie d. Wissenschaften Wien. 1896. Bd. CV.

[189]) Waagen W. Salt Range Fossils. Fossils from the Ceratite Formation Mem. geol. Survey of East India. Ser. XIII. vol. II. 1895.

[190]) Diener C. Himalayan Fossils. The Cephalopoda of the lower Trias and of the Muschelkalk ibid. ser. XIV. vol. II. 1897.

[191]) Mojsisovics Edm. v. Beiträge zur Kenntniß der obertriadischen Cephalopoden-Fauna des Himalaja. Denkschriften der k. k. Akad. Wien, math.-naturw. Cl. 1896. Bd. LXIII.

g) Jura-System.

Auf weniger verschlungenen Pfaden entwickelte sich die Stratigraphie der Juraformation. Für diese hatte William Smith schon im ersten Dezennium dieses Jahrhunderts eine Grundlage von solcher Zuverlässigkeit geschaffen, daß spätere Beobachter nur wenig daran zu ändern vermochten. In England sind die jurassischen Ablagerungen in unvergleichlich günstiger Ausbildung entwickelt. Keine nennenswerthen Störungen, Faltungen, Zerreißungen oder steile Aufrichtung der Schichten, kein schroffer Facieswechsel, keine Lücken in der Reihenfolge der Ablagerung stellen dem Beobachter Schwierigkeiten entgegen. Diese Verhältnisse, sowie die meist sehr charakteristische petrographische Beschaffenheit jedes einzelnen Gliedes des Schichtencomplexes und der fast nie versagende Reichthum an Versteinerungen machten England zum classischen Boden der Juraformation. Die Smith'sche Gliederung der britischen Straten, welche durch Conybeare, Phillips, Buckland und de la Beche nur wenig modificiert wurde, lieferte darum auch den Rahmen, in welchen man alle gleichaltrigen Ablagerungen Europas und der übrigen Welttheile einzureihen versuchte. W. Smith hatte anfänglich seine Straten als gleichwerthig betrachtet und erst später (1815 und 1817) mehrere derselben zu Gruppen vereinigt, die jedoch niemals präcis definiert wurden und darum auch keinen Eingang in die Literatur fanden. Conybeare und W. Phillips faßten sämmtliche Straten zwischen dem Eisensand (unterste Kreide) und dem Redmarl (Trias) unter der Bezeichnung Oolitic Series zusammen. Der Lias wird als selbständige Abtheilung den Oolithserien gegenübergestellt. Die untere Abtheilung der letzteren beginnt mit dem Marlysandstone und schließt nach oben mit dem Cornbrash ab, die mittlere umfaßt Kelloway Rock bis Coralrag, die obere Kimmeridge clay bis Purbeck. Eine Localmonographie von Young und Bird[1]) über Yorkshire enthält mancherlei werthvolle Detailbeobachtungen und brauchbare Abbildungen von Versteinerungen, folgt jedoch nicht den von Smith und Conybeare zur Geltung gebrachten Anschauungen und übte darum keinen Einfluß auf die Entwickelung der Stratigraphie der Oolithformation aus. Viel wichtiger wurde das Werk von J. Phillips[2]) über das gleiche Gebiet. Dieser treffliche, von seinem Oheim W. Smith geschulte Beobachter wies viele der aus Südwestengland bekannten Straten auch in Yorkshire nach, stellte deren Auf-

einanderfolge durch zahlreiche Profile fest und lieferte für jede Gruppe charakteristische Zeichnungen der verbreitetsten Versteinerungen. Verschiedene Abhandlungen von de la Beche, Buckland und Sedgwick zwischen 1822 und 1835 befassen sich mit den oolithischen und liassischen Ablagerungen an der Südküste von England in der Umgebung von Weymouth. Lonsdale untersuchte 1829 die Gegend von Bath. Ueber die oberste Oolithgruppe und die unmittelbar darauf folgenden Bildungen auf der Insel Wight und im südlichen England lieferte Fitton[3]) eine vorzügliche Monographie, worin er die Purbeck-Schichten mit dem Wealden clay und Hastings Sandstone zu einer selbständigen Wealden-Formation zwischen Oolith und Kreide erhebt.

Das Uebergreifen der südenglischen Oolith- und Liasbildungen in die Normandie hatte de la Beche[4]) bereits 1822 erkannt. Rozet[5]) und Fitton wiesen in der Umgebung von Boulogne-sur-Mer Purbeck, Portland-stone, Portlandsand, Kimmeridge-clay, Coralrag, Calcareous grit, Oxford-clay, Kelloway Rock und Great-Oolite in einer mit Südengland fast identischen Ausbildung nach. In einer verdienstlichen Abhandlung ergänzt de Caumont[6]) in wesentlichen Punkten die Beobachtungen von de la Beche im Calvados. Durch eine Anzahl sorgfältiger Profile wird die Entwickelung der Kimmeridge-Gruppe, des Coralrag, Lower calcareous grit, des Oxfordthons, des Cornbrash, Forest marble, Groß-Oolith, Fuller's Erde (Argile de Port en Bessin), unteren Oolith und Lias geschildert und mit der englischen Ausbildung verglichen. Auf das Vorkommen eines eigenthümlichen, in Großbritannien damals noch unbekannten Schichtencomplexes (Calcaire de Valognes) zwischen dem unteren Lias und der Trias, welcher später zum Theil als Aequivalent der rhätischen Stufe erkannt wurde, hatte de Caumont schon 1825 aufmerksam gemacht. Die Beobachtungen von Caumont wurden 1832 durch einige Angaben von A. Passy über die Umgebung von Le Hâvre und andere Orte im Departement Seine inférieure ergänzt. Während man sich in Nordfrankreich naturgemäß auf die von den Briten geschaffene Grundlage stützte und auch mit Leichtigkeit die äquivalenten Bildungen diesseits und jenseits des Canals erkannte, verursachte die Gliederung und Parallelisierung der jurassischen Ablagerungen in Deutschland und der Schweiz größere Schwierigkeiten. Hier hatte Al. v. Humboldt bei Gelegenheit einer Reise nach Oberitalien im Jahre 1795 „die ausgebreitete Formation, welche zwischen dem alten „Gyps (des Zech-

steins) und dem neueren Sandstein (Buntsandstein)" angeblich im fränkischen und schweizerischen Jura eingeschaltet ist mit dem Namen „Jurakalk" bezeichnet. Ami Boué suchte (1829) den Begriff Jurakalk richtiger zu bestimmen und auf den Schichtencomplex über dem Lias und unter der Wealden-Stufe zu beschränken. Fast genau für dieselben Ablagerungen hatte Al. Brongniart (1829) die Bezeichnung Terrain jurassique vorgeschlagen. Einen größeren Umfang schreibt A. Rengger (1829) in einer Abhandlung über den Aargauer Jura[8]) der „Juraformation" zu, indem er unter diesem Namen Alles, was über dem Buntsandstein und unter der Molasse liegt, zusammenfaßt. Rengger gibt in seiner etwas diffusen Publication, worin viel von den Alpen die Rede ist, einen Durchschnitt durch den Aargauer Jura. Die darin constatierte mehrfache Wiederholung ein und derselben Ablagerung wird nicht als tektonische Störung oder Faltung erkannt und darum auch die Schlußfolgerung gezogen, daß der ganze Schichtencomplex einer einzigen untheilbaren Formation angehöre. Aehnliche Anschauungen hatte P. Merian anfänglich über den Bau des Basler Juragebirges vertreten, allein schon 1826 erklärte er in einem Durchschnitt von Basel nach Kestenholz die daselbst vorkommenden Wiederholungen gewisser Schichten für Folge von Aufwölbung. Eine wichtige Arbeit von E. Thirria über den Jura der Haute Saône[9]) zeigte, daß im französischen Juragebirge über dem Lias ein reich gegliederter Schichtencomplex vorhanden ist, welchen Thirria nach Al. Brongniart Terrain jurassique nannte und in eine Anzahl Stufen gliederte, die auf Grund der von Voltz bestimmten Versteinerungen mit den englischen Oolithstufen verglichen werden. Thirria unterscheidet vier Stufen.

1. Die untere Stufe mit 89 Meter Mächtigkeit enthält fünf Abtheilungen, die nach den organischen Ueberresten mit dem Inferior Oolite, der Fullers-Earth, dem Great Oolite, Forest-marble und Cornbrash der Engländer parallelisiert werden. Für eine exacte Bestimmung der Versteinerungen reichte die damalige Literatur freilich nicht aus, und es sind darum auch die synchronistischen Aequivalente des britischen Ooliths im ostfranzösischen Jura nicht immer vollkommen richtig erkannt.

2. Die zweite Stufe mit 111 Meter Mächtigkeit entspricht dem Kelloway Rock, Oxford clay und Coralrag in England. Thirria hat hier mit großem Scharfsinn die Altersbestimmung der einzelnen Abtheilungen durchgeführt, obwohl namentlich der Coralrag eine ganz eigenthümliche Facies aufweist und sich in zwei Unterstufen (Calcaire à Nérinées und Argile à chailles) gliedert, für welche in England keine völlig entsprechenden Bildungen existieren.

Auch die dritte Stufe mit 70 Meter Mächtigkeit, welche dem Kimmeridge clay und Portlandstone entspricht, zeigt in der oberen Abtheilung eine von England abweichende lithologische und paläontologische Ausbildung.

Für die vierte Stufe (Argile minérai de fer pisiforme) mit 13 Meter Mächtigkeit vermochte Thirria kein englisches Aequivalent aufzufinden. Die Versteinerungen in den Bohnerzthonen sind zusammengeschwemmt und rühren theils aus dem Lias, theils aus den verschiedenen Jurastufen her; theilweise sind sie auch in späterer Zeit wieder aufgewühlt worden, so daß tertiäre und diluviale Reste mit den älteren vermengt vorkommen. Thirria hat hier die tertiären Bohnerzthone irrthümlich der Juraformation zugeschrieben.

Thirria's Abhandlung gehört, obwohl sie keinen Aufschluß über die Tektonik des untersuchten Gebietes gewährt, zu den besten älteren Publicationen über jurassische Ablagerungen. Sie wird allerdings in Schatten gestellt durch die genialen Untersuchungen eines einfachen Localgeologen in Porrentruy, dem man die erste mit bewunderungswürdiger Klarheit und Präcision abgefaßte Schilderung des Baues, der Zusammensetzung und der Entstehung des westschweizerischen Jura verdankt. Ueber die tektonischen und orographischen Untersuchungen Thurmann's und seine originellen Ideen über Gebirgsbildung wurde schon früher (S. 455) berichtet. Die Stratigraphie des Berner Jura ist in zwei Abhandlungen vom Jahre 1832 und 1836[10]) in musterhafter Weise dargelegt. Bei der Bestimmung der Versteinerungen und der Feststellung fremder Aequivalentbildungen hatte der allezeit hilfsbereite Voltz in Straßburg seine sachkundige Unterstützung gewährt. Thurmann unterscheidet im Terrain jurassique folgende Abtheilungen:

A. Obere Jurastufe oder Portland-Gruppe.
   15. Portlandkalk mit Exogyra virgula, Isocardia etc. (Schildkrötenkalk von Solothurn),
   14. Kimmeridge-Mergel von Le Banné, sehr reich an Versteinerungen (Exogyra virgula, Pteroceras Oceani, Mytilus jurensis etc.).

B. Mittlere Jurastufe.
  a) Corallien-Gruppe:
   13. Astartenkalk,
   12. Nerineenkalk,
   11. Korallenoolith,
   10. Korallenkalk;
  b) Oxford-Gruppe:
   9. Terrain à chailles,
   8. Oxford-Mergel und Kelloway Rock.

C. Untere Jurastufe oder Oolith-Gruppe.

7. Dalle nacrée (= Cornbrash?),
6. Calcaire roux sableux (= Forest marble?) mit Ostrea Knorri,
5. Großoolith (Plagiostoma elongata etc.),
4. Mergel mit Ostrea acuminata (? Fullersearth),
3. Dichter Oolith,
2. Eisenoolith,
1. Grès superliasique (Marly Sandstone).

Terrain liasique.

Die Arbeiten von Merian, Thirria und Thurmann wurden ergänzt durch eine in französischer Sprache verfaßte Abhandlung des Grafen v. Mandelslohe[11]), worin zum erstenmal der Versuch gemacht wird, die von Schübler in ihren Hauptzügen beschriebenen Ablagerungen des schwäbischen Jura mit jenen in England, der Schweiz und Frankreich zu vergleichen. Mandelslohe unterscheidet:

1. Portlandkalk von Einsingen bei Ulm.
2. Coralrag von Böringen, Albuch, Schnaitheim, Nattheim, Dolomit und grauer Kalkstein mit Spongiten, Korallen, Crinoiden, Cidariten, Brachiopoden, Mollusken (namentlich Ammoniten).
3. Oxfordclay von Gruibingen, Donzdorf, Gammelshausen, Stuifen ꝛc. mit Am. inflatus, dentatus, polygyratus, biplex etc.
4. Unterer Oxford- und Bradfordclay mit Trigonia costata, Am. hecticus, Jason, anceps etc.
5. Unterer Oolith mit Cidaris maxima, Belemnites grandis, compressus, Am. Blagdeni, Parkinsoni, Humphriesianus etc.
6. Eisensandstein von Aalen und Wasseralfingen (= Marly Sandstone) mit Pecten personatus und Am. Murchisonae.
7. Liasschiefer von Boll, Holzmaden.
8. Liaskalk mit Gryphaea incurva, Plagiostoma giganteum, Am. Bucklandi, Conybeari, Kridion, rotiformis etc.
9. Liassandstein mit Unio concinna, Am. anguliferus.

Die Abhandlung von Mandelslohe ist von mehreren hübsch ausgeführten Profilen begleitet. Bei der Bestimmung der Versteinerungen war auch hier wieder Voltz in Straßburg behilflich; außerdem hatte Major v. Zieten[12]) 1830 ein schön illustriertes Tafelwerk über die in Württemberg vorkommenden Versteinerungen veröffentlicht. In ähnlicher Weise wie Mandelslohe suchte Fromherz[13]) die Juraablagerungen im badischen Breisgau mit den englischen und schweizerischen in Parallele zu bringen. Wichtige Beiträge zur Paläonto-

logie der Juraformation in Deutschland lieferten auch die Werke von Schlotheim, Reinecke, v. Münster, Goldfuß, v. Buch, Bronn u. A.; mit den Versteinerungen aus dem englischen Jura befaßten sich nach W. Smith und Phillips hauptsächlich Sowerby, Conybeare, Strickland, Brodie, Agassiz, Grey Egerton, Hawkins, Rich. Owen u. A., mit jenen in Frankreich Eudes-Deslongchamps und Voltz.

Für die Kenntniß und Beurtheilung der französischen Juraablagerungen blieben die Untersuchungen von Dufrenoy und Elie de Beaumont auf Jahrzehnte hin maßgebend. Sie begannen im Jahre 1825 und erstreckten sich auf ganz Frankreich. Die wichtigeren Resultate wurden in verschiedenen Abhandlungen veröffentlicht, die im Jahre 1838 in 4 Bänden vereinigt erschienen. Eine zusammenfassende Darstellung des »Terrain du calcaire jurassique« enthält jedoch erst der zweite Band der Erklärung zur geologischen Karte von Frankreich (1848). Die beiden Autoren begreifen unter Terrain jurassique den Lias und Oolith der Engländer und zerlegen den letzteren nach englischem Muster in drei Stufen, von denen jede einzelne je nach den verschiedenen Regionen Frankreichs wieder specieller gegliedert wird. Ueberall ist der Versuch gemacht, die englischen Unterabtheilungen auch in Frankreich nachzuweisen und denselben die jenseits des Canals gebräuchlichen Namen beizulegen, wobei sie sich allerdings auf die Parallelisierung der Hauptgruppen beschränken. Die Bezeichnungen Calcaire Portlandien, Argiles Kimmeridiennes und Oxfordiennes, Coralrag, Cornbrash, Grande Oolite etc. wurden auf diese Weise in Frankreich eingebürgert, zuweilen freilich auch auf Ablagerungen von ganz abweichender petrographischer Ausbildung übertragen, deren Uebereinstimmung mit den englischen nicht immer mit voller Sicherheit festgestellt werden konnte. In verschiedenen Punkten weicht die Eintheilung von Dufrenoy und Elie de Beaumont von der englischen ab und paßt sich der französischen Entwickelung an.

Nachdem Friedr. Hoffmann[14]) in einer übersichtlichen Schilderung der „Juraformation“ im nordwestlichen Deutschland die Uebereinstimmung verschiedener, theilweise schon durch Hausmann (1824) beschriebener Glieder dieser Formation mit dem englischen Lias und Oolithsystem nachgewiesen und auf seiner geognostischen Karte auch ein im Wesentlichen richtiges Bild der Verbreitung des Jura entworfen, Fr. A. Roemer in einer wichtigen Monographie der Versteinerungen

des norddeutschen Oolithgebirges[15]) die britische Nomenclatur auch auf die norddeutschen Straten übertragen und Koch und Dunker[16]) die Kenntniß der norddeutschen Juraversteinerungen erheblich gefördert hatten, war in Frankreich, in der Schweiz und Norddeutschland die englische Gliederung des Lias und Oolithsystems ziemlich allgemein als maßgebend anerkannt.

Hatte J. Thurmann für die Stratigraphie, Tektonik und die Entstehung des Berner Jura den Schlüssel gefunden, so bereicherte der geniale Autodidakt A. Greßly[17]) die Geologie der geschichteten Gesteine durch die überaus fruchtbare Lehre von der verschiedenen Faciesentwickelung der stratigraphischen Einheiten. Indem Greßly*) bei der Untersuchung des Solothurner Jura die einzelnen Abtheilungen der Juraformation nicht nur nach ihrer chronologischen Reihenfolge ordnete, sondern sie auch in ihrer horizontalen Verbreitung verfolgte drängte sich ihm bald die Ueberzeugung auf, daß mit einer bestimmten petrographischen Ausbildung oder Facies irgend einer Ablagerung stets auch eine gleichartige Beschaffenheit der fossilen Fauna Hand in Hand gehe und daß gewisse, in einer bestimmten Facies häufige Gattungen und Arten, bei anderer Faciesentwickelung ausgeschlossen seien. Greßly beschreibt eingehend verschiedene im Solothurner Jura vorkommende Ausbildungsformen (Schlammfacies, Korallenfacies, Spongienfacies, pelagische, subpelagische, litorale Facies &c.), macht diejenigen Versteinerungen namhaft, welche für die eine oder andere charakteristisch sind, und zieht sowohl aus der Gesteinsbeschaffenheit, als aus dem Gehalt an organischen Ueberresten Schlußfolgerungen über die Art der Entstehung der betreffenden Bildungen. Seichtwasser- und Tiefseeablagerungen, pelagische, subpelagische und litorale Bildungen werden unterschieden und die Uebergänge der verschiedenen

*) Greßly Amanz, geboren 1814 in einem abgelegenen jurassischen Thälchen bei Laufon (Canton Solothurn), war von seiner Familie für den geistlichen Stand bestimmt und studierte in Solothurn, Luzern, Freiburg und Straßburg. Angeregt durch den Verkehr mit Voltz, Thirria, Thurmann und Agassiz, widmete er sich ausschließlich der Geologie und speciell der Erforschung des Juragebirges. Von 1840 bis 1850 führte er ein ungeregeltes, bedürfnißloses Wanderleben, zu welchem er sich die Mittel durch geologische Gutachten und sonstige Arbeiten verschaffte. 1859 wurde er von seinem Gönner Desor nach Cette geschickt, wo er Studien über die Lebensweise der marinen Organismen machte. 1861 betheiligte er sich an der Berna'schen Expedition nach dem Nordcap und Island; starb im Jahre 1865.

Facies und „Unterfacies" geschildert. Nach Greßly kann nicht nur eine und dieselbe Ablagerung in ihrer horizontalen Verbreitung mehrfach ihre Facies und damit auch ihren paläontologischen Charakter wechseln, sondern es können auch aufeinanderfolgende Schichten an gewissen Stellen in gleicher Facies auftreten und dadurch in paläontologischer Hinsicht eine so ähnliche Beschaffenheit erhalten, daß die Altersdifferenz nur schwierig zu erkennen ist. Im Ganzen genommen ist der Facieswechsel im Solothurner Jura unerheblich bei Trias, Lias und älteren Oolithablagerungen, dagegen ungemein mannigfaltig in der mittleren und vor Allem in der oberen Abtheilung der Oolithformation. Es wird dies im Detail an zahlreichen Beispielen demonstriert.

Merkwürdiger Weise war fast gleichzeitig ein französischer Geologe auf deductivem Wege zu ähnlichen Anschauungen wie A. Greßly gelangt. Constant Prévost setzte im Anschluß an eine Mittheilung von Prestwich im Dezember 1837 auseinander[18]), daß in jeder geologischen Epoche gleichzeitig pelagische, litorale, fluvio-marine, Süßwasser- und Landablagerungen entstehen mußten, die sich gegenseitig ersetzen. Der Gesteinscharakter entscheide darum niemals mit Sicherheit das Alter einer Ablagerung, aber auch der paläontologische Charakter einer fossilen Fauna sei abhängig von dem Medium, worin sie sich findet. Kalkige Gesteine werden stets andere Versteinerungen enthalten als sandige und thonige und anderseits können Ablagerungen verschiedenen Alters, aber von gleichartiger Gesteinsbeschaffenheit sehr ähnliche organische Reste einschließen. Als Beispiel gleichzeitiger Bildungen von verschiedenem Gesteinscharakter, verschiedener Entstehung und verschiedenen Versteinerungen bezeichnet C. Prévost den Grobkalk, Kieselkalk und Gyps des Pariser Beckens; als Beispiel einer in verschiedenem Niveau sich wiederholenden Formation mit analogen Versteinerungen werden die Lignite unter und zwischen dem Grobkalk und auf der Insel Wight genannt. Wie man sieht, decken sich die Anschauungen von C. Prévost in den wesentlichsten Punkten mit denen von Greßly; nur hatte sie letzterer als Ergebniß sorgfältigster Naturbeobachtung, ersterer auf theoretischem Wege gewonnen.

In der stratigraphischen Gliederung des Solothurner Jura folgt Greßly zwar der Hauptsache nach Thurmann, unterscheidet jedoch nur folgende Stufen:

A. Lias-Gruppe:
1. Unter-Lias (Sandstein und Gryphäenkalk),
2. Obere Lias-Mergel.

B. Unterer Oolith:
1. Marly Sandstone mit Fucoiden,
2. Eisenoolith.

C. Mittlere Jura-Gruppe oder Oxfordien:
1. Oxfordthon,
2. Terrain à chailles.

D. Obere Jura- oder Oolith-Gruppe:
1. Terrain Corallien,
2. Terrain Portlandien.

Auf eine detaillierte Parallelisierung der einzelnen Jurastufen mit England hatte Greßly wegen der großen Faciesverschiedenheit von vornherein verzichtet. Die gleichen Schwierigkeiten stellten sich aber auch bei der Untersuchung der Jura-Ablagerungen in Süddeutschland, Polen, Italien, Spanien und in den Alpen heraus und für alle diese Gebiete wirkte die englische Schablone geradezu als Hemmschuh.

Es begann darum für die Jurastudien geradezu eine neue Epoche, als Leop. v. Buch[19]) diese Fessel zerbrach und in einer kurzen, aber inhaltreichen Abhandlung über den Jura in Deutschland neue Gesichtspunkte in Vordergrund stellte. In kurzen, markigen Zügen entwirft Leop. v. Buch ein Bild von der Verbreitung und dem orographischen Charakter des süddeutschen Jura. Ueber dem Lias, der sich allenthalben unter den höheren Juraschichten wie ein Teppich ausbreitet, steigt der Nordrand der schwäbischen und fränkischen Alb in scharfer Abgrenzung gegen die davorliegende Ebene empor. Aus dieser erheben sich vereinzelte Juraberge als inselartige Massen. Diese eigenthümliche Configuration glaubt L. v. Buch nicht als Beweis einer stark vorgeschrittenen Denudation oder einer späteren Hebung, sondern für eine mit der Entstehung des Juragebirges zusammenhängende Erscheinung ansehen zu dürfen, er vergleicht sie mit dem steil abfallenden Außenrand eines Korallenriffes und glaubt darum die schwäbisch-fränkische Alb als Ueberrest eines solchen deuten zu dürfen. Die tektonischen Störungen, Faltungen und Aufwölbungen im schweizerischen Jura bringt v. Buch mit dem Aufsteigen der Alpen in Beziehung; die Entstehung des fränkischen Dolomites wird auf eine dem

bayerischen Walde parallel laufende Spalte zurückgeführt, aus welcher Magnesiadämpfe hervorbrachen und den weißen Kalkstein in der Nachbarschaft in Dolomit umwandelten. Nach der Zusammensetzung unterscheidet v. Buch im süddeutschen Jura nicht zwei, sondern drei petrographisch und paläontologisch sehr bestimmt charakterisierte Hauptglieder: 1. den unteren (schwarzen) Jura oder Lias, 2. den mittleren (braunen) Jura und 3. den oberen oder weißen Jura. Jede Gruppe läßt sich wieder in eine Anzahl von Unterabtheilungen zerlegen, die sich durch das Vorkommen bestimmter Versteinerungen oder „Leitmuscheln" leicht von einander unterscheiden lassen. Leop. v. Buch gibt eine kurze Beschreibung der drei Hauptabtheilungen des süddeutschen Jura, vergleicht sie mit den gleichaltrigen Bildungen in England und Frankreich, betont aber zugleich ihre große petrographische und zum Theil auch paläontologische Verschiedenheit, welche darum auch eine Uebertragung der englischen Nomenclatur unzweckmäßig mache. Mit einem Verzeichniß von 102 sorgfältig beschriebenen Arten von „Leitmuscheln" aus den verschiedenen Horizonten beschließt L. v. Buch seine Abhandlung, die für alle folgenden Arbeiten in Süddeutschland maßgebend wurde.

In ganz selbständiger Weise baute Fr. A. Quenstedt[20]) auf dem von Leop. v. Buch geschaffenen Fundament weiter. Mit bewunderungswürdiger Genauigkeit entwirft dieser originelle Forscher in seinem Flözgebirge Württembergs ein Bild von der Zusammensetzung des schwäbischen Jura. Die drei Hauptabtheilungen v. Buch's werden nach der petrographischen Ausbildung und nach paläontologischen Merkmalen wieder in Gruppen und Stufen zerlegt und letztere mit griechischen Buchstabennamen belegt. Auf diese Weise zerfallen Lias, brauner und weißer Jura in je sechs Stufen, wovon die älteste mit α, die jüngste mit ζ bezeichnet wird. Jede Stufe enthält ihre bezeichnenden Leitmuscheln und ist paläontologisch mehr oder weniger scharf von der vorhergehenden und folgenden geschieden. Im Ganzen haben sich die Quenstedt'schen Stufen in der Folge als wohl begründet erwiesen, wenn sie auch nicht immer als gleichwerthig gelten können, weil Quenstedt offenbar der Symmetrie halber in der einen Abtheilung etwas schärfer gliederte, als in der anderen, um auf diese Weise in jeder Gruppe zur gleichen Stufenzahl zu gelangen. In stratigraphischer und paläontologischer Beziehung kann Quenstedt's Werk als mustergiltig angesehen werden, dagegen vermißt man alle

genaueren Angaben über die allerdings einfache Tektonik. Auch Profile und Uebersichtskarte über die Verbreitung der einzelnen Stufen fehlen. Quenstedt hat erst später durch seinen Schüler W. Pfizenmayer ein Normalprofil des schwäbischen Jura zeichnen und in seiner Petrefaktenkunde Deutschlands nachträglich die meisten der von ihm im Flötzgebirge aufgezählten und beschriebenen Versteinerungen abbilden lassen.[21]) In einem selbständigen Werk[22]) über den schwäbischen Jura legt er die Erfahrungen 19 jähriger Forschung in einer so fesselnden, klaren und auch für den Nichtgelehrten so verständlichen Form dar, daß wohl kaum ein anderes geologisches Specialwerk einen ähnlichen Einfluß auf weitere Kreise ausübte. Zahlreiche Sammler und Liebhaber fanden im Quenstedt'schen Jura Belehrung und Anregung und selbst einfache Bauern wußten sich mit Leichtigkeit die Bezeichnung der einzelnen Stufen und die Namen der Versteinerungen anzueignen. An Genauigkeit der Beobachtung bleibt Quenstedt in keiner Weise hinter William Smith, Thurmann und Greßly zurück; an paläontologischer Sachkenntniß überragt er dieselben weit. Die Abbildungen und Beschreibungen der Versteinerungen im „Jura" sind vortrefflich und die Feinheit der Beobachtung auch der verborgensten Merkmale erregt zuweilen geradezu Bewunderung. Quenstedt legte auf die Bestimmung des Lagers einer fossilen Art sehr großen Werth und suchte häufig bei Arten von weiter verticaler Verbreitung durch eine trinomische Bezeichnung die Eigenthümlichkeit hervorzuheben, welche dieselbe in einem bestimmten Horizont erkennen läßt. Auf Prioritätsrechte und Terminologie legte er allerdings geringes Gewicht und gerieth durch die Vernachlässigung der formalen Regeln namentlich mit d'Orbigny in scharfen Conflict. Auch von einer scharfen Parallelisierung der schwäbischen Jurabildungen mit den gleichaltrigen englischen und französischen Formationen wollte Quenstedt nicht viel wissen. Er begnügte sich mit Andeutungen über die Beziehungen der Hauptglieder zu den correspondierenden Gruppen in den Nachbarländern, lehnte jedoch grundsätzlich die Uebertragung fremder Namen, wie Kimmeridgeclay, Oxfordclay, Großoolith, Cornbrash, Terrain à chailles u. s. w. auf die schwäbischen Stufen ab.

Im Gegensatz zu Quenstedt, welcher bei allen geologischen und paläontologischen Untersuchungen von seinem ihm genau bekannten schwäbischen Jura ausging und sich nur mit Widerstreben von dieser Grundlage entfernte, versuchte der weitgereiste Alcide d'Orbigny

die Stratigraphie in universeller Weise zu begründen und die Paläontologie im Interesse der Geologie zu einer in erster Reihe historischen Wissenschaft zu stempeln. Für d'Orbigny*) handelt es sich bei allen stratigraphischen Untersuchungen zunächst um die sichere Bestimmung der Versteinerungen, die allein ein zuverlässiges Urtheil über das Alter irgend einer Ablagerung gestatten. Nicht nur in allen Theilen von Frankreich, sondern auch in den übrigen Ländern Europas, ferner in Süd- und Nordamerika glaubte d'Orbigny dieselbe Aufeinanderfolge der fossilen Ueberreste constatieren zu können und daraus folgerte er, daß die Grenzen der Formationen (Terrains) und Stufen (Étages) auf der ganzen Erde durch dieselben paläontologischen Merkmale bestimmt würden. Jede Stufe besitzt ihre selbständige Fauna, die einem besonderen Schöpfungsakt ihre Entstehung verdankt und ist scharf von der nächstfolgenden und vorausgehenden geschieden. Aeußerst selten gehen Arten aus einer Stufe in die andere über und auch nur dann, wenn zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stufen keine heftigeren Störungen oder Erdrevolutionen eingetreten sind und die fraglichen Schichten concordant aufeinander folgen. In manchen Fällen glaubt d'Orbigny das Vorkommen durchgehender Arten durch Einschwemmung älterer bereits fossiler Schalen in jüngere Schichten erklären zu dürfen. d'Orbigny basiert die ganze Stratigraphie auf die Paläontologie und zwar vorzugsweise auf Mollusken und Strahlthiere (Echinodermen und Coelenteraten). Er beabsichtigte in einem reich ausgestatteten Werk alle in Frankreich vorkommenden Formen aus diesen zwei großen Abtheilungen des Thierreichs zu beschreiben. Diese Riesenaufgabe überstieg freilich selbst die Kraft dieses unermüdlichen und arbeitsfrohen Forschers, immerhin veröffentlichte er aber von seiner Paléontologie Française zwischen 1840 und 1855 eine stattliche Reihe von Bänden, worin die Cephalopoden der Jura- und Kreide-

*) d'Orbigny Alcide Dessaline, geboren am 6. September 1802 zu Couëzon (Loire Inférieure), erhielt seine erste Ausbildung in La Rochelle und widmete sich dort frühzeitig zoologischen und paläontologischen Studien. 1826 wurde er vom Museum in Paris nach Südamerika geschickt, von wo er großartige zoologische, geologische, geographische, ethnographische, historische und archäologische Sammlungen zurückbrachte und die Ergebnisse dieser Reise später in einem umfangreichen Werk veröffentlichte. Seine späteren Arbeiten bewegen sich alle auf paläontologischem und stratigraphischem Gebiet. 1853 erhielt d'Orbigny die für ihn errichtete erste Professur der Paläontologie am Museum in Paris; starb am 30. Juni 1857 zu Pierrefitte bei Saint Denis.

formation, ein Theil der jurassischen und cretaceischen Gasteropoden, die Brachiopoden und Rudisten, die irregulären Seeigel und die Bryozoen der Kreideformation beschrieben sind. Sämmtliche Abbildungen zeichnen sich durch Schönheit der Ausführung aus, lassen jedoch zuweilen durch unrichtige Restaurationen die wünschenswerthe Genauigkeit vermissen. d'Orbigny hat in zwei weiteren Werken[24]) seine Gliederung der geschichteten Gesteine und seine Anschauungen über stratigraphische Geologie näher begründet. Er unterscheidet bei den versteinerungsführenden Ablagerungen sechs Perioden oder Terrains und zerlegt die fünf ersteren wieder in 27 Stufen (Étages). Von diesen bilden 1. das Silurien, 2. das Devonien, 3. das Carboniférien und 4. das Permien die paläozoische, 5. das Conchylien und 6. das Saliférien die triasische Periode. Zum Terrain jurassique gehören 10 Stufen: 7. Sinémurien, 8. Liasien, 9. Toarcien, 10. Bajocien, 11. Bathonien, 12. Callovien, 13. Oxfordien, 14. Corallien, 15. Kimméridgien, 16. Portlandien. Die Kreideperiode zerfällt in sieben, das Tertiär in vier Stufen. Wie man sieht, entfernt sich die d'Orbigny'sche Nomenclatur und Eintheilung ziemlich weit von allen bisherigen Gliederungen der Sedimentärgesteine. d'Orbigny wählt für die Bezeichnung seiner Stufen charakteristische Localitäten und verleiht seinen Namen nach dem Vorbild von Thurmann eine gleichlautende Endigung auf „ien". Seine Eintheilung hebt die drei gebräuchlichen Hauptgruppen (Paläozoisch, Mesozoisch und Känozoisch) auf und gesteht den mesozoischen Formationen (Trias, Jura und Kreide), welche d'Orbigny allein genau kannte, im Vergleich zum Paläozoicum und Känozoicum einen ungebührlich große Bedeutung zu. Die einzelnen Stufen (z. B. Silurien und Bajocien) sind darum auch durchaus ungleichwerthig. Dennoch beharrte d'Orbigny bei der Annahme, die organische Schöpfung sei nur 27 oder 28 mal vollständig erneuert worden. Der Prodrome de Paléontologie, welcher das Lehrbuch der Paläontologie und stratigraphischen Geologie ergänzt, enthält ein kritisches Verzeichniß sämmtlicher bis dahin bekannter fossiler Mollusken und Strahlthiere, chronologisch vertheilt auf die 27 Stufen. d'Orbigny's Werke haben sowohl in Frankreich, als auch anderwärts wegen ihrer klaren, bestechenden Form einen außerordentlich großen Einfluß ausgeübt. Seine Paléontologie Française ist ein Werk ersten Ranges, das nach dem Tode ihres Begründers unter der Aegide der französischen geologischen Gesellschaft

von Cotteau, Eugen Deslongchamps, Piette, de Loriol und Fromentel fortgesetzt wurde, aber schließlich doch aus Mangel an Mitteln und Mitarbeitern unvollendet blieb. Die für Jura und Kreide vorgeschlagenen Stufen waren größtentheils wohlbegründet, schlossen sich namentlich für den Jura ziemlich eng an die englische Gliederung an und fanden darum in Frankreich sehr leicht Eingang. Der Prodrome lieferte Sammlern ein bequemes Hilfsmittel zur Bestimmung ihrer Versteinerungen. d'Orbigny beanspruchte nur für seine Stufen universelle Gültigkeit und legte auf ihre feinere Gliederung geringes Gewicht, indem er dies der localen Forschung überließ. Aber gerade auf dem Gebiet der Localuntersuchung wurden in den mittleren Dezennien dieses Jahrhunderts die bedeutendsten Erfolge erzielt. In England lieferten Williamson (1838—1841), Buckmann (1842 und 1853), Rod. Murchison (1845), E. B. Brodie (1842 und 1851), Strickland, Morris und Lycett (1850), Wright, Leckenby, Hull, Moore u. A. vortreffliche Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie der Lias und Oolithablagerungen. Davidson bearbeitete in musterhafter Weise die britischen Jura-Brachiopoden, Wright die Echiniden und Seesterne, Mantell die Belemniten, Brodie die Insekten, Agassiz, Grey Egerton die Fische, R. Owen die Reptilien. Ueber Frankreichs jurassische Bildungen verbreiteten die genauen Local-Untersuchungen der beiden Deslongchamps, Vater und Sohn, in der Normandie Licht. Vicomte d'Archiac studierte den Jura in einem großen Theil von Nordfrankreich, namentlich im Departement Aisne; Cotteau begann 1845 seine vieljährigen Untersuchungen im Yonne-Departement; Leymerie und Raulin veröffentlichten wichtige Arbeiten über die Departements Yonne und Aube, Triger über die Sarthe, Royer über die Haute Marne, Piette über die Ardennen und Mosello, Jaquot, Levallois und Terquem über Mosello, P. A. Millet über Maine et Loire, Edm. Hébert über das Pariser Becken, Arm. Buvignier über das Meuse-Departement. Im südlichen Frankreich arbeiteten Dufrenoy, Scipion Gras (Drôme und Basses Alpes), Gruner (Ardèche), de Rouville (Herault), in Ostfrankreich, Jules Marcou (Jura), Lory (Dauphiné), Gueymard und Thiollière (Isère), Voltz, Daubrée und Köchlin-Schlumberger (Elsaß). Die Arbeiten der beiden Deslongchamps, die Monographieen von d'Archiac, Buvignier, Terquem, Cotteau und Hébert verdienen in paläontologischer Hinsicht besondere Be-

achtung und haben die Kenntniß der Juraversteinerungen mächtig gefördert. Namentlich Buvignier's prächtiger Atlas zu seiner Statistique des Meuse-Departements gehört zu den schönsten Publicationen auf dem Gebiete der stratigraphischen Paläontologie.

d'Archiac*) bietet im sechsten und siebenten Band seiner Geschichte der Fortschritte der Geologie eine Analyse fast aller bis zum Jahre 1856 erschienenen Publicationen über jurassische Ablagerungen. Als vorzüglicher Kenner der französischen Jurabildungen war d'Archiac in der Lage überall die zu besprechenden Abhandlungen einer sachkundigen Kritik zu unterwerfen und dies verleiht gerade den beiden erwähnten Bänden des großartigen Werkes besondere Bedeutung. d'Archiac nimmt als Grundlage die englische Gliederung an und sucht mit dieser alle Beobachtungen im übrigen Europa und in den anderen Welttheilen in Einklang zu bringen. Allerdings beschränkt sich auch d'Archiac, wie Dufrenoy, Elie de Beaumont und d'Orbigny auf die Vergleichung der Hauptgruppen und erklärt, daß irgend eine detaillierte Localgliederung nicht auf weitere Gebiete übertragen werden dürfe; ja in vielen Fällen stoße man schon bei der Parallelisierung größerer Gruppen in entlegenen Gegenden auf bedeutende Schwierigkeiten. In diesem Punkt stimmt er mit C. F. Naumann überein, der sich (1851) mit großer Entschiedenheit gegen die „der Natur widerstrebenden" Bemühungen, sämmtliche Glieder und Gliedchen der englischen Juraformation auch in anderen Gegenden wieder zu finden, ausspricht. Wo d'Archiac aus eigener Anschauung urtheilen konnte, ist seine Darstellung meisterhaft. Die Besprechung der jurassischen Bildungen in England und Frankreich, welche den ganzen sechsten Band füllt, läßt darum wenig zu wünschen übrig. Minder glücklich ist der gelehrte Historiograph in der Beurtheilung der schweizerischen und deutschen

*) d'Archiac Etienne Jules Adolphe Dexmier de Simon, Vicomte, geboren am 24. September 1802 in Reims, trat nach Besuch der Militärschule in Saint Cyr als Cavallerieofficier in die Armee, aus welcher er 1830 ausschied, um sich mit Literatur, Geschichte und Geologie zu beschäftigen. 1835 beginnt seine fruchtbare Thätigkeit als Geologe und Paläontologe. Zwischen 1842 und 1847 untersuchte er vorzugsweise die Kreide- und Tertiärbildungen Frankreichs und Belgiens. 1853 erschien seine große Monographie über die indische Nummulitenformation und 1847 bis 1860 veröffentlichte er acht Bände seiner Geschichte der Fortschritte der Geologie zwischen 1834 und 1854. Im Jahre 1861 wurde er als Nachfolger d'Orbigny's zum Professor der Paläontologie am Jardin des Plantes ernannt; beendigte 1869 sein Leben durch Selbstmord.

Arbeiten. Die wichtigen Entdeckungen von Thurmann und Greßly werden nicht nach ihrer Bedeutung gewürdigt, die Werke von Quenstedt, Fraas, Oppel abfällig beurtheilt und die von Quenstedt eingeführte Nomenclatur sogar „pueril“ genannt!

Es läßt sich nicht läugnen, daß Deutschland der reichen Fülle von trefflichen Abhandlungen über Jurabildungen in England und namentlich in Frankreich, aus den mittleren Dezennien dieses Jahrhunderts keine gleich starke Liste von Arbeiten zur Seite stellen kann; immerhin dürfte aber Deutschland mit Stolz auf seine schwäbischen Juraforscher hinweisen und auch über den Lias und Jura in Braunschweig und Hannover und über die jurassische Weserkette liegen meisterhafte Arbeiten von Strombeck (1853), Hermann Roemer (1851) und Ferd. Roemer (1858) vor. Eine sorgfältige Beschreibung des Jura in Hohenzollern wurde 1856 von Achenbach veröffentlicht.

Allen diesen Arbeiten dienten die Quenstedt'schen Untersuchungen in Württemberg als Muster. Auf eine Vergleichung des schwäbischen Jura mit den Nachbargebieten hatte sich der Verfasser des „Flözgebirges und des Jura in Schwaben“ allerdings kaum eingelassen. Diesem Mangel suchten seine Schüler abzuhelfen. So schrieb zuerst Rominger[25]) eine kurze vergleichende Abhandlung über den schwäbischen und schweizerischen Jura; O. Fraas[26]) bereiste einen Theil von Frankreich und England, stellte die Parallelen mit dem schwäbischen Jura mittelst identischer Versteinerungen fest, indem er zugleich die Faciesverschiedenheiten in den verschiedenen Gebieten betonte und die Greßly'sche Erfahrung auch für den schwäbischen Jura verwerthete. Fraas sträubt sich, wie Quenstedt, gegen die Einführung englischer Localnamen in die deutsche Terminologie und gibt Schichtbezeichnungen nach Leitmuscheln den Vorzug, obwohl nach seiner Meinung auch diese zuweilen irre führen. Für Lias und braunen Jura konnte Fraas die synchronistischen Bildungen in Frankreich, England und der Schweiz ohne besondere Schwierigkeiten ausfindig machen, dagegen blieb über die Aequivalente des weißen Jura noch mancherlei Unsicherheit.

Was O. Fraas nur skizzenhaft angedeutet hatte, das suchte ein jüngerer Schüler Quenstedt's, Alb. Oppel*), im Detail auszuarbeiten.

*) Oppel Albert, geboren am 19. December 1831 in Hohenheim, machte seine Studien an der polytechnischen Schule in Stuttgart und bei Quenstedt

Nachdem er sich durch eine vortreffliche Localstudie über den mittleren Lias in Schwaben als ausgezeichneter Beobachter und tüchtiger Paläontologe erprobt hatte, besuchte er die wichtigeren Localitäten in Frankreich und in England und bemühte sich nunmehr, nicht nur ganze Schichtengruppen mit einander zu vergleichen, sondern auch überall ihre kleinsten Glieder aus der chronologischen Vertheilung der Versteinerungen in der gleichen Reihenfolge nachzuweisen. Unter Hintansetzung aller lithologischen Merkmale wurden lediglich nach der verticalen Verbreitung der fossilen Formen „Zonen" abgeleitet, die sich „durch stetes und alleiniges Auftreten gewisser Arten als bestimmte Horizonte von den angrenzenden absondern". Oppel[27]) legt die v. Buch'sche Dreitheilung seiner Classification zu Grunde, bezeichnet die untere Abtheilung als Lias und schlägt für die mittlere den Namen „Dogger", für die obere Abtheilung den Namen „Malm" vor. Diese Ausdrücke waren in England für Gesteine von verschiedenem Alter, der Name Malm von Omalius d'Halloy sogar schon für eine Abtheilung der Kreideformation verwendet worden. Die drei Hauptgruppen Oppel's zerfallen wieder in 8 Stufen, die im Wesentlichen mit den d'Orbigny-schen Etagen übereinstimmen und auch die d'Orbigny'sche Bezeichnung behalten. Nur das Corallien und Portlandien fallen als Facies des Oxfordien und Kimmeridgien aus. Für den ganzen Jura werden 33 Zonen unterschieden und jede nach einem Leitfossil benannt. Die Grenze zwischen Lias und Dogger verlegt Oppel in Uebereinstimmung mit v. Buch, Quenstedt, Conybeare, Phillips und d'Archiac zwischen die Zone des Ammonites jurensis und die Zone des Am. torulosus, während dieselbe von Dufrenoy und Elie de Beaumont viel tiefer, von J. Marcou etwas höher hinaufgerückt wird. Den Malm beginnt Oppel, entsprechend der englischen und französischen Eintheilung, mit der Zone des Am. macrocephalus, während v. Buch und Quenstedt den oberen oder weißen Jura erst mit den Impressathonen (Zone des Am. biarmatus) anfangen lassen. Mit der Zone der Trigonia gibbosa, local auch mit den Purbeck-Schichten, findet der Malm nach oben seinen Abschluß. Von den

in Tübingen; bereiste 1854 und 1855 Frankreich, England, die Schweiz und Deutschland, um die jurassischen Ablagerungen mit einander zu vergleichen, wurde 1858 Adjunkt am paläontologischen Museum in München, 1860 Professor der Paläontologie und 1861 Conservator der paläontologischen Sammlung in München; erlag schon 1865 einem typhösen Fieber.

33 Zonen gehören 15 dem Lias, 8 dem Dogger und 10 dem Malm an. Mit großem Scharfsinn und Sachkenntniß hat Oppel seine Zonen in dem von ihm untersuchten Gebiet überall nachgewiesen und begründet und kommt dadurch zu dem Ergebniß, daß sie ebenso wie die größeren Stufen eine universelle Gültigkeit und Verbreitung besitzen.

Das Oppel'sche Werk fand nicht nur in Deutschland, sondern auch in Frankreich und England eine sehr günstige Aufnahme, wozu die persönlichen Beziehungen des liebenswürdigen Autors nicht wenig beitrugen. In Frankreich trat der geistvolle, stets kampfbereite Jules Marcou[29]) mit großer Entschiedenheit für Oppel in die Schranken und vertheidigte ihn gegen die wenig gerechtfertigten Angriffe d'Archiac's. Marcou hatte im Jahre 1848 eine treffliche Localmonographie[30]) über den Jura bei Salins veröffentlicht, dessen geologischer Aufbau nur in den rohesten Umrissen durch eine ältere Arbeit von Charbaut (1817) bekannt war. Für die Gliederung des »Jura Salinois« hatte sich Marcou an Thirria und Thurmann angeschlossen, jedoch mehrere neue Namen eingeführt. So für eine Abtheilung des unteren Ooliths mit Korallen Laedonien, für die Mergel mit Ostrea acuminata Vesulien, für das obere Oxfordien mit Spongien Argovien, für die Astarte-Mergel des oberen Ooliths Sequanien. Das Corallien ist nach J. Marcou kein bestimmter chronologischer Horizont, sondern eine verschiedenen Stufen angehörige Facies. Im Jahre 1857 läßt Marcou diese Namen wieder fallen und reformiert seine Eintheilung des Jura in der Weise, daß er die vier Hauptabtheilungen der Engländer (Lias, unterer, mittlerer und oberer Oolith) beibehält, diese wieder in elf Gruppen zerlegt, welche bald nach Localitäten (Groupe de Salins, Porrentruy, Besançon etc.), bald in anderer Weise (z. B. unterer, mittlerer und oberer Lias) bezeichnet werden. Der ganze Jura zerfällt wieder in 26 Untergruppen, die ziemlich genau den Oppel'schen Zonen entsprechen, jedoch nicht nach Versteinerungen, sondern nach charakteristischen Localitäten (z. B. Marnes du Banné, de Pimperdu, Schistes de Boll etc.) bezeichnet werden. Gegen die Anwendung der von Oppel vorgeschlagenen Nomenclatur, namentlich gegen Dogger und Malm, erhebt Marcou mancherlei Bedenken. Die Marcou'schen Briefe über den Jura enthalten nicht nur eine anziehende Darstellung des damaligen Zustandes der Juraforschung, sondern auch neue Ideen, namentlich über die Verbreitung der jurassischen Versteinerungen. Auf Grund der schönen

Forschungen von Edw. Forbes über die Verschiedenheit der marinen Faunen der Jetztzeit und deren Eintheilung in thiergeographische Provinzen und bathymetrische Zonen versucht Marcou auch für die Juraperiode Karten über die Vertheilung von Wasser und Land herzustellen und die jurassischen Meere wieder nach ihren organischen Formen in eine Anzahl von Provinzen einzutheilen, von denen acht in der nördlichen Hemisphäre unterschieden werden. Drei „homozoische“ Zonen mit gleichen klimatischen Bedingungen beeinflußten ihrerseits wieder die Verbreitung der Organismen und die Abgrenzung der acht Juraprovinzen.

Auf die neueste Entwickelung der Juraforschung hat das Oppel'sche Werk einen entscheidenden Einfluß ausgeübt. Wenn sich auch Viele nicht mit der Idee der universellen Gültigkeit und Verbreitung der Zonen befreunden konnten, so erwies sich doch die exacte Methode Oppel's als außerordentlich fruchtbar und brachte in ihrer ferneren Anwendung die Detailgliederung der Juraformation auf eine Höhe, wie kaum bei einer anderen Formation. Ein Oppel'scher Schüler, W. Waagen[31]), suchte die für Württemberg, Frankreich und England gültigen Zonen in Franken und der Schweiz bis ins Detail nachzuweisen. Auch in England, wo nach dem Erscheinen des Oppel'schen Werkes die Bezeichnung Juraformation (Jurassic System) Eingang fand, erschienen zahlreiche Abhandlungen, worin die älteren Stufen vielfach feiner gegliedert wurden. Buckmann hat sich für den englischen Jura mit den Oppel'schen Zonen nicht begnügt, sondern diese noch in Hemerae zerlegt. Jede Hemera ist nach einer charakteristischen derselben ausschließlich angehörigen Ammonitenart bezeichnet. In der Schweiz führten Thurmann in einem nachgelassenen und von Etallon herausgegebenen Werk über den Berner Jura[32]), sowie Casimir Moesch in mehreren Publicationen über den Aargauer Jura eine Anzahl neuer Localbezeichnungen für verschiedene Abtheilungen des mittleren und oberen Jura ein. In einer Reihe von stattlichen Monographieen bearbeitete P. de Loriol zum Theil allein, zum Theil in Gemeinschaft mit Cotteau, Pellat, Royer und Tombeck die Mollusken und Echinodermen des oberen Jura aus der Gegend von Boulogne, der Yonne, der Haute Marne, des Berner und Aargauer Jura, von Portugal und anderen Gegenden. In Norddeutschland beschäftigten sich in neuerer Zeit v. Seebach, Credner, D. Brauns, Struckmann und Denckmann mit der Strati-

graphie und Paläontologie der Juraformation; in Baden schrieben F. Sandberger, Schill, Zittel, Vogelgesang, Schalch, Würtenberger, in Elsaß-Lothringen Benecke, Steinmann, Lepsius, van Werwecke, Branco, Roeder, Greppin u. A., in Schwaben O. und Eb. Fraas, Deffner, Engel, Pompeckj, in Bayern C. W. Gümbel, v. Ammon, Zittel u. A. über Juraablagerungen und deren Versteinerungen.

Weniger leicht als die nord- und mitteleuropäischen Jurabildungen wollten sich die Ablagerungen in den Alpen, den Pyrenäen, den Apenninen, den Karpathen und im Balkangebirge auf der iberischen Halbinsel und in Rußland in die von Oppel ausgearbeitete Gliederung einfügen lassen. In den Schweizer Alpen mußte man sich meist mit der Feststellung größerer Gruppen begnügen und auf eine speciellere Vergleichung mit außeralpinen Bildungen verzichten; in den bayerischen, österreichischen und italienischen Alpen, sowie im Apennin und den Karpathen herrscht namentlich im mittleren und oberen Jura eine so große Faciesverschiedenheit gegenüber den benachbarten außeralpinen Gebieten, daß nur in seltenen Fällen die Oppelschen Zonen in einiger Vollständigkeit nachgewiesen werden konnten. Immerhin ist es den Bemühungen der österreichischen, bayerischen und italienischen Geologen, unter denen nur die Namen v. Hauer, v. Gümbel, Peters, Kudernatsch, Stur, Hohenegger, Oppel, v. Zittel, Benecke, Neumayr, Lepsius, Uhlig, Rothpletz, Wähner, Vacek, Bittner, Stoppani, Meneghini, Parona, Gemmellaro, Canavari, Fucini hervorgehoben werden mögen, gelungen, wenigstens die Hauptstufen des Lias, Dogger und Malm wieder zu erkennen. Ein ernsthafter Versuch, die Oppel'sche Zonengeologie auch auf die alpinen Juragebilde anzuwenden, ist niemals gemacht worden. Man hatte sich namentlich in Oesterreich von Anfang an daran gewöhnt, die verschiedenen Abtheilungen mit Localnamen zu bezeichnen und noch jetzt sind die Namen Adnether-, Gresteuer-, Hierlatz-, Allgäu-, Klaus-, Vilser-, Stramberger Schichten u. s. w. allgemein gebräuchlich. Nachdem in der Mitte des sechsten Jahrzehntes der Streit über die Stellung der Avicula contorta-Zone oder der Rhätischen Stufe (vgl. S. 630) zwar nicht zur Entscheidung, aber doch zu einem gewissen Abschluß gelangt war, rief die Abgrenzung der Juraformation gegen die Kreide lebhafte Erörterungen hervor. In Frankreich, Süddeutschland und im Schweizer

Jura war die Frage nicht strittig. Hier unterscheiden sich die obersten Glieder des Jura (Portland- und Purbeck-Schichten) so bestimmt petrographisch und paläontologisch von den darüber liegenden Kreidebildungen, daß sich die Grenze zwischen den beiden Formationen mit Leichtigkeit ziehen läßt. Dagegen in Südengland, Norddeutschland und Belgien, wo sich zwischen dem obersten Jura und der Kreide eine Süßwasserbildung (Wealdclay und Hastings oder Ironsand) einschaltet, machte die Abgrenzung Schwierigkeiten. Mantell vereinigt sie mit der Grünsandformation, Webster und Fitton betrachten sie mit Einschluß der Purbeck-Schichten als selbständige Formation. R. Owen und Robertson machten auf die Aehnlichkeit der Purbeck- und Wealden-Fauna mit jener der Stonesfield-Schiefer aufmerksam und stellten die Wealdenformation in den obersten Jura. In ähnlichem Sinn sprachen sich in Deutschland F. A. Roemer, Dunker, Naumann und noch in neuester Zeit Struckmann aus. Elie de Beaumont war dagegen der Ansicht, die Wealdenformation repräsentiere das Neocomien und auch Forbes, Lyell, Topley, die Geological Survey und die meisten englischen Geologen stellen die Wealdenformation, allerdings mit Ausschluß der Purbeckschichten in die untere Kreide. Noch schwieriger gestaltete sich die Grenzregulierung in den Regionen mit alpiner Facies. Hier fehlt allenthalben zwischen oberstem Jura und unterster Kreide eine limnische Zwischenstufe. Marine Schichten des oberen Jura werden vielfach in concordanter Lagerung von ähnlichen Ablagerungen der unteren Kreide bedeckt. Oppel[33]) rollte 1865 in einer Aufsehen erregenden kurzen Abhandlung die Frage der jurasso-cretaceischen Grenzregulierung auf, indem er eine Anzahl Ablagerungen in den Alpen und Karpathen (die Diphyakalke von Südtirol, der Nordalpen und der Dauphiné, die Aptychenschiefer, Hochgebirgskalke der Nordalpen, die Rogozniker und Stramberger Schichten in den Karpathen u. a.) nebst einigen außeralpinen Bildungen, wie die lithographischen Schiefer von Bayern und Nusplingen, die Purbeck- und Portlandschichten Englands und Nordfrankreichs, unter der Bezeichnung „tithonische Stufe" zusammenfaßte und sie auf Grund ihrer eigenthümlichen Cephalopoden-Fauna als eine selbständige Stufe zwischen die Kimmeridge- und Neocom-Stufen einschaltete. Ueber die Zutheilung zu Kreide oder Jura spricht sich Oppel nicht bestimmt aus, neigt aber offenbar durch Heranziehung des lithographischen Schiefers und des

Portlandkalkes mehr der letzteren Ansicht zu. Ein Verzeichniß von 117 Cephalopodenarten, von denen die meisten aus Stramberg, Rogoznik, Südtirol und dem lithographischen Schiefer von Franken stammen, soll die Selbständigkeit der tithonischen Stufe beweisen. Schon lange vor Oppel hatte Beyrich (1844) auf die Beziehungen von Klippenkalk und Stramberger Kalk aufmerksam gemacht und Stur, wie v. Hauer, Hohenegger[34]) und Sueß[35]) (1858) die beiden Bildungen als oberjurassisch bestimmt, während Zeuschner (1844—1848) die Klippenkalke der Karpathen anfänglich in den oberen Jura, später in das Neocom versetzte und eine Mischung jurassischer und cretaceischer Arten darin behauptete. Ueber den rothen Ammonitenkalk von Südtirol und Venetien existiert eine umfangreiche Literatur. Es wurden unter diesem Namen Ablagerungen verschiedenen Alters zusammengeworfen, die später als Lias, Dogger, Malm und Tithon erkannt wurden. Catullo hatte denselben anfänglich in den Jura, später in die untere Kreide versetzt, während L. v. Buch (1844) und Ach. di Zigno für sein jurassisches Alter eintraten. W. Benecke zeigte in seiner trefflichen Arbeit über Trias und Jura in den Südalpen (1866), daß im rothen jurassischen Ammonitenkalk zwei Faunen enthalten sind, wovon die jüngere als Leitfossil Terebratula diphya und eine Reihe von eigenartigen Ammoniten enthält. Die ältere wird durch Ammonites acanthicus und eine Anzahl anderer oberjurassischer Ammoniten charakterisiert. Beide Horizonte parallelisiert Benecke mit der Kimmeridgegruppe. Auch in den Karpathen wurden die Klippenkalke durch Stache, v. Mojsisovics und Neumayr in eine Anzahl verschiedenaltriger Horizonte gegliedert und die Acanthicus-Schichten dem oberen Jura, die Diphyenkalke der Tithonstufe Oppel's zugetheilt. Oppel's frühzeitiger Tod (1865) gestattete dem ausgezeichneten Juraforscher nicht mehr, seine Tithonstufe paläontologisch zu begründen. Dies erfolgte in mehreren Monographieen[36]) durch v. Zittel, Böhm, Cotteau, M. Ogilvie und Zeise. v. Zittel beschränkte die Tithonstufe unter Ausscheidung des lithographischen Schiefers und Portlandkalks auf Bildungen von alpiner Facies und betrachtete sie als Aequivalent der Purbeck- und Wealden-Schichten. Die von ihm monographisch bearbeiteten Cephalopoden des Stramberger Kalkes weisen eine Mischung von eigenartigen, oberjurassischen und cretaceischen Arten auf, die übrigen Versteinerungen haben mehr jurassisches Gepräge. Im Ganzen

repräsentiert der Stramberger Kalk nebst den gleichaltrigen Bildungen bei Grenoble, Aizy 2c. eine obere Abtheilung der Tithonstufe, welche allerdings durch zahlreiche gemeinsame Arten mit den etwas älteren Diphyakalken in den Südalpen, den Rogozniker Schichten in den Karpathen und den Cephalopodenkalken in den Apenninen verbunden ist. Letztere haben einen entschieden oberjurassischen Charakter und theilen eine Anzahl Arten mit den darunter liegenden Acanthicus-Schichten. Während sich Oppel, v. Zittel und Benecke mehr für das jurassische Alter der Tithonstufe aussprachen, betonte Hebert die Beziehungen mit der Fauna der untersten Kreideablagerungen im südlichen Frankreich (Schichten von Berrias), die durch mehrere Abhandlungen von Pictet genauer bekannt geworden war und versetzt den Stramberger Kalk 2c. geradezu in die untere Kreide. An der mehrjährigen Discussion über die zweckmäßigste Grenzlinie zwischen Jura und Kreide betheiligten sich neben den genannten Autoren besonders Merian, Moesch, Neumayr, Coquand und Toucas. Das Ergebniß dieser Erörterungen besteht darin, daß gegenwärtig die obere Abtheilung der Tithonstufe ziemlich allgemein mit den Purbeck- und Portland-Schichten, die untere mit dem obersten Kimmeridge in Parallele gestellt wird. Eine bemerkenswerthe Bereicherung erhielt die oberjurassische Literatur durch die neueren Forschungen der russischen Geologen. Auch in Centralrußland folgt die unterste Kreide in mariner Entwickelung unmittelbar auf dunkle thonige Schichten, welche den ganzen oberen Jura vom Kelloway an vertreten und sich in verschiedene Horizonte gliedern lassen. Durch Trautschold, Pavlow, Sinzow, Lahusen und Nikitin wurden die Versteinerungen des Moskauer und südrussischen Jura genauer bekannt und in der sogenannten Wolgastufe ein Aequivalent der tithonischen alpinen Bildungen nachgewiesen.

Oppel's Schüler Neumayr und Waagen suchten die Zonengeologie mehr und mehr auszubilden und auch auf fremde Welttheile zu übertragen. Der von Waagen gemachte Versuch, nahezu alle oberjurassischen Zonen Oppel's auch im Jura von Kutch nachzuweisen, hat neuerdings allerdings durch Kitchin und Nötling Anfechtung erlitten. In mehreren trefflichen Monographieen hat M. Neumayr die paläontologische Kenntniß der Juracephalopoden gefördert und aus der Vertheilung der jurassischen Versteinerungen, die schon von J. Marcou begonnene Eintheilung der Erdoberfläche in eine Anzahl

thiergeographischer Provinzen mit großem Scharfsinn weiter verfolgt. Neumayr unterscheidet in Europa eine mediterrane (alpine), eine mitteleuropäische und eine russische oder boreale Provinz und betrachtet dieselben als klimatische Zonen, die als homozoische Gürtel die ganze Erdoberfläche umspannten und sich wahrscheinlich in ähnlicher Weise auch auf der südlichen Hemisphäre wiederholt haben. Zu Gunsten dieser Hypothese wird geltend gemacht, daß die aus Südamerika, Neuseeland, Südaustralien und Südafrika stammenden Versteinerungen eine auffallende Aehnlichkeit mit jenen der correspondierenden Ablagerungen in Schwaben, Franken und England besitzen, dagegen vom alpinen Typus vollständig abweichen. Neumayr[37]) versuchte auch Kartenskizzen über die Meere und Festländer der Jurazeit zu entwerfen und betonte die außerordentlich weite Verbreitung der oberen Jurabildungen im Vergleich mit denen des Lias. Er schließt daraus auf ein weit ausgedehntes liasisches Festland, das später durch eine gewaltige Transgression des jurassischen Meeres überfluthet wurde. Nach neueren Mittheilungen von Pompeckj (1897) ist jedoch das vermeintliche Fehlen des Lias in Süd-Osteuropa, Kleinasien und Persien mehr durch die mangelhafte Kenntniß der geologischen Beschaffenheit jener Länder, als durch einen wirkliches Fehlen an Liasbildungen zu erklären und somit auch die Bedeutung der jurassischen Transgression überschätzt.

h) Kreide-System.

Für die Ablagerungen, welche heute unter dem Namen der Kreide- oder cretaceischen Formation zusammengefaßt werden, gab es nicht, wie für die Juraformation einen in Großbritannien geschaffenen Rahmen, in welchen sich die entsprechenden Bildungen auf dem Continent ohne besondere Schwierigkeiten einfügen ließen. Die ungemein verschiedene Facies der Kreideformation stellte von Anfang an der Wiedererkennung gleichaltriger Ablagerungen selbst in wenig entfernten Gebieten große Hindernisse entgegen und so sehen wir denn die Kenntniß dieser Formation bruchstückweise heranwachsen. Nach und nach gelang es, die einzelnen Fragmente in die richtige Reihenfolge zu bringen und neben und übereinander zu ordnen, allein eine detaillierte Zonengliederung, wie sie sich für das Jurasystem in einem großen Theil von Europa durchführen läßt, konnte für die Kreide nur auf beschränkten Gebieten hergestellt werden.

In Deutschland unterschied der ältere Charpentier schon 1778 in seiner geognostischen Karte von Sachsen Plänerkalk und Quadersandstein und bei Werner und dessen Schülern erscheinen diese Bildungen nebst der Kreide unter dem jüngeren Flötzgebirge. William Smith hatte in England vier Strata zwischen dem Londonclay und Portlandstone unterschieden: 1. Glimmeriger Thon (Brick earth), 2. Grünsand, 3. Untere oder graue Kreide (Lower Chalk) und 4. Weiße Kreide. In Cambridgeshire kommen unter dem Grünsand dunkle, plastische Thone vor, welche Michell schon 1788 als Gault oder Galt, W. Smith auch als Blue Marl bezeichnet hatte. Conybeare und Phillips zerlegen die genannten Straten in zwei Abtheilungen: 1. die Kreide, 2. die Schichten zwischen Kreide und Oolith, bestehend aus: a) Kreidemergel, b) Grünsand, c) Wealdclay, d) Eisensand. Die weiße Kreide war schon frühe in übereinstimmender Entwickelung und mit identischen Versteinerungen auch in Nordfrankreich, Belgien, Dänemark, Schweden, Norddeutschland und Polen beschrieben worden. Omalius d'Halloy verfolgte die im Pariser Becken verbreiteten Gebilde in Belgien, gliederte sie in vier Stufen: a) Kreide mit Feuerstein, b) Tuffkreide, c) Sand und Sandstein (Tourtia), d) grauer Thon, und faßte sie (1822) unter der Bezeichnung Terrain crétacé als einheitliche Formation zusammen. Im gleichen Jahr veröffentlichten Al. Brongniart und Cuvier in der zweiten Auflage der Recherches sur les ossements fossiles eine ausführlichere Beschreibung der Schichten des Pariser Beckens. In einem Anhang beschreibt Al. Brongniart die Kreideablagerungen in der Gegend von Paris, der Touraine, Normandie und anderen Theilen des mittleren und nördlichen Frankreichs, theilt sie in drei Stufen ein: a) Weiße Kreide, b) Tuffkreide, c) Chloritische Kreide oder Grünsand und liefert für jede dieser Abtheilungen eine Beschreibung und Abbildung der charakteristischen Versteinerungen. Nach einem Vergleich der französischen Kreidebildungen mit den englischen, belgischen und skandinavischen beschreibt Al. Brongniart auch noch chloritische Kreideablagerungen von der Perte du Rhône bei Bellegarde und aus Savoyen nebst den daselbst vorkommenden Versteinerungen. Eine wesentliche Verbesserung der englischen Kreidegliederung verdankt man Gideon Mantell.[38]) Er unterscheidet wie Conybeare zwei Formationen (Kreide und Grünsand), von denen jede wieder mehrere Unterabtheilungen enthält. Der Blue Marl (Gault oder Malm) bildet bei Mantell

die unterste Stufe der Kreideformation und bedeckt angeblich den Grünsand; ein Irrthum der durch Verwechselung des oberen und unteren Grünsandes entstand. Zur Grünsandformation rechnet Mantell die verschiedenen Stufen des eigentlichen Grünsandes, sodann den Wealden- oder Oak Tree-Thon, die Tilgateschichten und den Eisensand. Ein Atlas von 42 Tafeln enthält eine geologische Karte des östlichen Sussex, sowie landschaftliche Darstellungen, Profile und Abbildungen der charakteristischen Versteinerungen aus den verschiedenen Horizonten. Am besten sind die drei unteren Stufen der Grünsandformation geschildert, die (1828) von Martin und Fitton als Wealdenformation bezeichnet wurden. Mantell hat später in den Tilgate-Schichten Skeletreste von Iguanodon, Hyläosaurus und anderen Reptilien entdeckt und sich um die Kenntniß der Wealdenfauna und Flora sehr verdient gemacht.

In Yorkshire ist die untere Grünsand- und vielleicht auch die Wealdenstufe durch eisenschüssige Thone ersetzt, denen J. Phillips den Namen »Speetonclay« beilegte. Völlige Klarheit über die Stratigraphie der älteren Kreide-Ablagerungen in England schaffte erst Fitton.[39]) Die beiden Gruppen „Kreide und Grünsand“ werden beibehalten, jedoch dem oberen Grünsand von Blackdorn ꝛc. sein richtiger Platz über, und dem unteren Grünsand unter dem Gault angewiesen. Mit der Wealdenformation vereinigte Fitton abweichend von Mantell auch die Purbeckschichten. Zahlreiche Profile, eine geologische Karte und Listen von Versteinerungen aus den verschiedenen Stufen vervollständigen die sehr genauen und grundlegenden Beobachtungen Fitton's. Auch die gemeinsame Arbeit von Buckland und de la Beche (1830) über Dorsetshire enthält wichtige Bemerkungen über die Stratigraphie der Kreideformation. Um die Kenntniß der Kreideversteinerungen erwarben sich J. Sowerby, Goldfuß und Graf Münster besondere Verdienste.

In Norddeutschland hatte J. F. L. Hausmann (1824) eine rein petrographische Uebersicht der jüngeren Flözgebilde im Flußgebiet der Weser veröffentlicht, die über Stratigraphie und Versteinerungen nur dürftige Anhaltspunkte gewährte, unter der Bezeichnung Quadersandstein und weißer Kalk Ablagerungen von verschiedenstem Alter zusammenfaßt und weit hinter den gleichzeitigen Arbeiten in England zurückbleibt. Der geistvolle Fr. Hoffmann stellte zuerst die Beziehungen des Quadersandsteins und Grünsandes in Norddeutschland

zu der weißen Kreide fest und vereinigte[40]) beide unter der Bezeichnung Kreideformation. Die von Hausmann für liasisch gehaltenen Sandsteine, Schieferthone und Kohlenflötze am Deister und in der Hilsmulde vergleicht Hoffmann mit der Wealdenformation Englands, theilt dieselben aber der Juraformation zu. Der Quadersandstein wird als Aequivalent des Upper und Lower Greensand betrachtet, die theils mergeligen, theils kalkigen, theils kieseligen Gesteine zwischen dem Quadersandstein und der weißen Kreide vertreten den Chalk marl; der Lower and Upper Chalk in England unsere weiße Kreide und die grauen, erdigen Mergel.

Im nördlichen und mittleren Frankreich, sowie in Belgien hatten Al. Brongniart und Omalius d'Halloy wenigstens für die obere und mittlere Kreide eine gute Grundlage geschaffen, auf welche sich die Aufnahmen von Dufrenoy und Elie de Beaumont für die geologische Karte von Frankreich, sowie die Arbeiten von de Caumont (1825) über Calvados, von Passy (1832) über das untere Seine-Departement, von Dumont (1832), Davreux (1835) und Leveillé (1835) über Belgien stützen konnten. Auch jenseits des atlantischen Ozeans in New-Jersey beschrieben Say, de Kay und Morton (1829 und 1830) Grünsandablagerungen mit Versteinerungen der oberen Kreide.

Einen wichtigen Fortschritt bildet die Entdeckung von älteren Kreideablagerungen im schweizerischen Jura. Schon 1803 hatte Leop. v. Buch einen sehr ausführlichen Katalog über die Gesteine der Umgebung von Neuchâtel abgefaßt, der jedoch erst 64 Jahre später nach dem Tode des Verfassers zur Veröffentlichung gelangte. In diesem Manuscript, wovon eine Abschrift von A. Boué der Bibliothek der französischen geologischen Gesellschaft überreicht wurde, finden sich nicht nur sehr genaue Gesteinsbeschreibungen, sondern auch Bemerkungen über gegenseitige Beziehungen und Lagerungsverhältnisse. Nach einer bestimmten Aeußerung über das Alter der fraglichen Schichten sucht man jedoch vergeblich.

Erst Auguste de Montmollin konnte den Beweis führen, daß über den jüngsten Juragesteinen ein eigenartiger, mehrfach gegliederter Schichtencomplex aus gelbem Kalkstein und blauen Mergeln liege, dessen Versteinerungen Aehnlichkeit mit dem englischen Grünsand besäßen. Montmollin nannte denselben Terrain crétacé du Jura und Thirria, welcher fast gleichzeitig in der Nähe von Besançon ähnliche

Schichten gefunden hatte, legte ihnen den Namen »terrain jura-crétacé« bei. Noch vor Publication der Montmollin'schen Abhandlung (1836) machte J. Thurmann bei Gelegenheit einer Versammlung der französischen geologischen Gesellschaft in Besançon (1835) den Vorschlag, für den neu entdeckten Schichtencomplex die Bezeichnung Neocomien einzuführen, die auch sofort von Dufrenoy und Elie de Beaumont in der Erklärung ihrer geologischen Karte angenommen wurde. Die Kreideformation wird von den beiden Autoren in eine obere Abtheilung (weiße Kreide) und eine untere mit a) Tuffkreide, b) Grünsand- und c) Eisensand-, Neocomien- und Wealdenformation eingetheilt. Nachdem somit die Hauptgruppen festgestellt waren, entfaltete sich zwischen 1835 und 1860 eine ungemeine Regsamkeit auf diesem Gebiete, namentlich in Frankreich und Deutschland. Unsere westlichen Nachbarn gingen voran. Felix Dujardin[41]) veröffentlichte 1837 eine Abhandlung über den Boden der Touraine, wo die obere Kreide eine ansehnliche Verbreitung besitzt. Seine vier Stufen: Grünsand, Glimmerkreide (craie micacée), Tuffkreide und weiße Kreide sind gut charakterisiert und die Versteinerungen, namentlich der Tuffkreide, sorgfältig beschrieben und abgebildet. Im gleichen Jahr erschien die erste Abhandlung von d'Archiac[42]) über die Kreide des südwestlichen Frankreichs, ein Gebiet, über das bereits 1834 Dufrenoy eine sorgfältige Arbeit veröffentlicht und Desmoulins eine Anzahl merkwürdiger Versteinerungen aus der Gruppe der Rudisten beschrieben hatten. d'Archiac bestätigt im Ganzen die Ergebnisse Dufrenoy's, hebt die große petrographische und paläontologische Verschiedenheit der Kreidebildungen im Südwesten und Norden von Frankreich hervor, erklärt sie theils durch Entstehung in verschiedener Tiefe, theils durch andere von Erdrevolutionen unabhängige Ursachen. Die Kreide zerfällt im Südwesten nach d'Archiac in vier Stufen, wovon die älteste dem Grünsand, die drei oberen der Tuffkreide und weißen Kreide entsprechen. Ein kritisches Verzeichniß der in den verschiedenen Stufen vorkommenden Versteinerungen gewährt eine Vorstellung von dem großen Fossilreichthum der betreffenden Ablagerungen. d'Archiac hat später die Ergebnisse seiner Forschungen über die Kreide der Vendée, Charente, des Périgueux und der Pyrenäen in einer zweiten Abhandlung[43]) noch detaillierter auseinandergesetzt, seine vier Stufen näher begründet und mit den entsprechenden Bildungen Nordfrankreichs verglichen. Die bisher etwas

vernachlässigte Provence erhielt in Philipp Mathéron einen höchst gewissenhaften und kenntnißreichen Localforscher, dessen Arbeiten über die Kreidebildungen dieses Gebietes Licht verbreiteten.[44]) Mathéron's Parallelen mit anderen Gebieten sind größtentheils irrig; dagegen ist die Reihenfolge der Straten, mit Ausnahme des Caprotinenkalkes richtig beobachtet. Auch sind die Versteinerungen mit Sachkenntniß beschrieben und gut abgebildet.

Nachdem im nördlichen, östlichen und südlichen Frankreich die Kreideformation ziemlich sorgfältig studiert war, erschienen auch über den Südosten eine Anzahl grundlegender Arbeiten. Schon im Jahre 1835 hatte Scipion Gras in seiner Statistik des Drôme-Departements mit großer Genauigkeit eine Serie über dem Jura liegender Ablagerungen beschrieben, welche er der unteren Kreide zutheilte, ohne sich jedoch sonderlich viel um anderweitige Parallelbildungen oder um die darin befindlichen Versteinerungen zu kümmern. Wie von seinen Vorgängern Al. Brongniart und Elie de Beaumont werden Sandsteine (Flysch) von jugendlichem (tertiärem) Alter mit den Schichten der älteren Kreide vermischt. Denselben Fehler begeht Sc. Gras auch in seiner Statistik der Basses Alpes (1839), worin die berühmten Localitäten von Chateauneuf, Castellane, Angles, Vergond, Barrême, Digne, u. a. mit ihrem erstaunlichen Reichthum an Versteinerungen als Aequivalente des Neocomien im schweizerischen Jura erkannt und als tiefstes Glied der Kreideformation beschrieben werden. Zum Grünsand stellt Sc. Gras die darüber liegenden meist sandigen oder glaukonitischen Ablagerungen von Sisteron, Castellane, Saint-Paul-Trois Châteaux, Montélimar, Dieu-le-Fit &c.; zur oberen Kreide die Nummulitenschichten und den Flysch. Unabhängig von Sc. Gras hatten auch die beiden deutschen Geologen Beyrich und Ewald[45]) die Verbreitung der unteren Kreide von Neuchâtel an durch die Dauphiné, Savoyen bis in die Provence nachgewiesen, mit großer Sicherheit Neocomien und Gault unterschieden, jedoch dem Caprotinenkalk einen zu hohen Platz über dem Gault angewiesen.

Zwei wichtige Abhandlungen über die unteren Kreidebildungen des südöstlichen Pariser Beckens wurden 1841 und 1842 veröffentlicht. Cornuel[46]) beschreibt aus der Haute Marne Ablagerungen, welche er theils als Gault (Marnes à Plicatules), theils als unteren Grünsand, theils als Neocomien bezeichnet. Die Localitäten Vassy und St. Dizier gelten seitdem als Typen der unteren Kreide im nord-

östlichen Frankreich. Leymérie's*) Abhandlung[47]) über die Kreidebildungen im Departement Aube gehört zu den grundlegenden Arbeiten über die Stratigraphie des Pariser Beckens. Der feine Beobachter unterscheidet in der Kreide vier Stufen (weiße Kreide, Ziegelthon und Grünsand, Neocomien). Jede Stufe ist auf das genaueste geschildert und die Vertheilung der Versteinerungen mit scrupulöser Sorgfalt verzeichnet. Die weiße Kreide enthält die organischen Reste des Upper und Lower Chalk und des Chalk Marl von England. Der Ziegelthon (Argile téguline) und Grünsand zerfällt in zwei Abtheilungen, wovon die jüngere offenbar dem Gault entspricht, die ältere dagegen Versteinerungen des Upper und Lower Greensand und des Gault enthält und nicht präcis mit irgend einem englischen Horizont verglichen werden kann. Es ist dies die Stufe, welche d'Orbigny später Aptien nannte. Das Neocomien ruht auf dem obersten Jura und besteht aus drei Abtheilungen (Mergel nebst buntem Sand; Mergel und Lumachelle mit Exogyra subplicata, harpa etc.; Spatangenkalk). Auch hier werden die Versteinerungen der drei Horizonte genau aufgezählt und schließlich die Verbreitung und Ausbildung der Neocomien-Stufe in ganz Frankreich, in der Schweiz und in England geschildert. Nach einem eingehenden Vergleich des nordfranzösischen Neocomien mit den unteren Kreidebildungen Englands kommt Leymerie, wie schon vor ihm d'Archiac zum Ergebniß, daß ersteres nicht das Aequivalent des lower Greensands, sondern der Wealdenformation darstelle. Der paläontologische Theil (1843) enthält die Beschreibung und auf 18 Tafeln die Abbildung von 113 neuen Arten aus der unteren Kreide.

Fast gleichzeitig mit Leymerie's zweitem Theil erschien die mineralogische und geologische Beschreibung des Ardennen-Départements von C. Sauvage und A. Buvignier (1842) nebst einer geologischen Karte. Die Kreideformation ist hier durch die weiße Kreide, den

*) Leymerie Alexandre, geboren 1801 in Paris, trat 1820 in die polytechnische Schule ein, wurde 1827 Professor der Geometrie und Mechanik in Troyes, beschäftigte sich daneben mit geologischen Studien und gründete ein naturhistorisches Museum für das Aube-Departement; nach kurzer Thätigkeit als Director an der Industrieschule in Lyon nahm er 1837 seinen Abschied, um sich ganz der Wissenschaft zu widmen. 1840 wurde für Leymerie an der Universität Toulouse ein Lehrstuhl der Mineralogie und Geologie errichtet, den er bis zu seinem Tode am 5. October 1878 bekleidete.

Grünsand oder die Tuffkreide (Gaize), den Gault und den unteren Grünsand vertreten. Letzterer enthält keine Versteinerungen, dagegen zeichnet sich der Gault durch eine große Menge prachtvoll erhaltener Fossilien, namentlich zahlreiche Ammoniten aus, die theilweise mit Arten aus England identisch sind. Die petrographische und stratigraphische Schilderung der verschiedenen Stufen läßt wenig zu wünschen übrig. Eine Ergänzung zu diesem Werk bildet d'Archiac's[48]) ausgezeichnete Beschreibung des Aisne-Departements. Hier sind nur die obere oder weiße Kreide und der Grünsand vorhanden, die unteren Stufen der Kreide fehlen.

Nicht weniger wichtig ist eine weitere Abhandlung[49]) desselben Autors über „die mittlere Gruppe der Kreideformation." d'Archiac liefert hier eine übersichtliche Darstellung nicht nur der mittleren Abtheilung, sondern der ganzen Kreideformation im Norden, Osten, Westen und Süden des Pariser Beckens, Belgiens und der Gegend von Aachen, vergleicht die einzelnen Stufen mit denen in England, der Schweiz und Deutschland und theilt schließlich die ganze Kreideformation in drei Hauptgruppen ein, die wieder folgendermaßen gegliedert werden:

Obere Gruppe	Oberste Kreide (Maestricht, Schweden) Weiße Kreide (White Chalk) Tuffkreide (Chalk Marl)	
Mittlere Gruppe	Oberer Grünsand Blaue Mergel (Gault) Unterer Grünsand (Lower Greensand)	
Untere Gruppe	Neocomien (Marine Facies) Wealden (Süßwasser-Facies)	Wealdclay Hastings Sand Purbeck strata.

Während in Frankreich überall mit regem Eifer an der Entzifferung der cretaceischen Bildungen[50]) gearbeitet wurde, machten sich um die Kenntniß der Kreideformation in Deutschland in erster Linie Fr. Ad. Roemer und H. Br. Geinitz verdient. Schon 1836 hatte Roemer[51]) unter dem Namen „Hilsthon" eine marine Ablagerung aus der Hilsmulde beschrieben, dieselbe aber nebst der Wealdenformation Norddeutschlands in den oberen Jura gestellt. 1839 konnte er jedoch nachweisen[52]), daß der Hilsthon jünger sei als die Wealdenformation und möglicherweise dem Speetonclay in England entspreche. Die sorgfältig beschriebenen und abgebildeten Versteinerungen ze[illegible]

F. A. Roemer Beziehungen zur Fauna des oberen Jura und der Kreide. 1841 veröffentlichte F. A. Roemer seine wichtige Monographie der „Versteinerungen des norddeutschen Kreidegebirges“ nebst einem geognostischen Anhang. Zur oberen Kreide rechnet hier Roemer 1. die weiße Kreide, 2. den Maestricher Kalk, 3. den oberen Kreidemergel von Gehrden, Halberstadt und vom Sudmerberg, ferner den Quadersandstein von Quedlinburg, Blankenburg, der Teufelsmauer; den Glaukonit-Mergel von Kieslingswalde in der Grafschaft Glatz; den Mergel am Luisberg bei Aachen und von Dülmen in Westfalen. Alle diese Bildungen werden als zeitliche Aequivalente der weißen Kreide in England, Frankreich, Schweden und Dänemark betrachtet. Zur unteren Kreide rechnet F. A. Roemer 1. die untere weiße Kreide (lower Chalk) ohne Feuerstein von Peine, Oberg, Lindener Berg und Lüneburg, 2. den unteren Kreidemergel von Ahlten, Lemförde, Haldem, Coesfeld; die fischführenden Sandsteine der Baumberge bei Münster, die Mergel von Ilseburg und die Spongienschichten des Sudmerberges bei Goslar, 3. den Pläner von Paderborn, Essen, Bochum, Ahaus, Peine, Quedlinburg und vielen anderen Orten in Hannover, Sachsen, Böhmen und Schlesien; diese Abtheilung wird mit dem Chalk marl der Engländer und der Tuffkreide der Franzosen verglichen, 4. den Grünsand von Werl, Oberau, von Sachsen und den Flammenmergel mit Avicula gryphaeoides von Hannover und Braunschweig, 5. den Galt von Goslar und Sarstedt, 6. den unteren Quadersandstein am Harz, in Braunschweig, in der Hilsmulde, im Teutoburger Wald, in Sachsen, Böhmen und Schlesien; er entspricht nach Roemer dem unteren Grünsand der Engländer, der glauconie sableuse der Franzosen, 7. das Hilsconglomerat von Berklingen, Schandelahe, Osterwalde und Essen an der Ruhr (!), 8. den Hilsthon des Deisters und der Hilsmulde. Die beiden letzten Stufen werden nunmehr als Aequivalente des Neocomien im Pariser Becken, bei Neuchâtel und in der Krim angesprochen. Obwohl die Roemer'sche Gliederung der norddeutschen Kreide in mancher Hinsicht Mängel aufweist, verschiedene Fragen falsch beantwortet und insbesondere in den Vergleichen mit den Nachbarländern häufig fehl geht, so ist es doch der erste Versuch, die eigenartig entwickelten Glieder der deutschen und böhmischen Kreideformation zu einem einheitlichen Ganzen zu verbinden und die verschiedenen Abtheilungen mit den Nachbarländern zu vergleichen.

In Sachsen hatte bereits Charpentier die Verbreitung des Quadersandsteins kartographisch dargestellt. Naumann und Cotta wiesen 1835 nach, daß zwischen dem oberen und unteren Quadersandstein kalkige und mergelige Schichten (Pläner) liegen, die stellenweise eine reiche marine Fauna enthalten und nach Cotta angeblich dem Gault entsprechen. Geinitz[53]) bestätigte zwischen 1839 und 1842 die stratigraphischen Ergebnisse seiner Vorgänger, ergänzte dieselben aber durch eine monographische Bearbeitung der in Sachsen vorkommenden Versteinerungen. Aus dem Vergleich mit den aus England bekannten Fossilien folgert Geinitz, daß der untere Quader in Sachsen und Böhmen dem Lower Greensand, der untere und mittlere Pläner dem Upper Greensand, der obere Pläner dem Chalk Marl und Lower Chalk und der obere Quader der weißen Schreibkreide gleichzustellen seien. Die in einem besonderen Anhang (1843) beschriebenen Versteinerungen von Kieslingswalde in Schlesien vergleicht Geinitz mit Formen aus dem oberen Kreidemergel und mittleren Pläner.

Fast gleichzeitig mit Geinitz hatte E. A. Reuß*) die Kreideformation in Böhmen studiert und im zweiten Band seiner geognostischen Skizzen (1843/44) eine Gliederung derselben veröffentlicht, welche im Wesentlichen mit der Geinitz'schen übereinstimmte. Zwei Jahre später erschien die wichtige Monographie der böhmischen Kreideformation mit einer in mehrfacher Hinsicht verbesserten Uebersicht ihrer Gliederung Reuß unterscheidet vier Hauptabtheilungen: 1. den unteren Quader, welcher in verschiedener Weise entwickelt ist und mehrere paläontologisch wohl charakterisierte Stufen (den eigentlichen unteren Quader, den Exogyrensandstein, den Grünsandstein von Malnitz, Kuttenberg, Czaslau, den Plänersandstein von Leitmeritz, Bunzlau, Königgrätz, Chrudim, Weißenberg mit Am. peramplus und die Hippuritenschichten von Koriczan, Kutschlin u. a. O.) erkennen läßt, 2. den Plänermergel bei Priesen, Luschitz, Postelberg, reich an Versteinerungen, 3. den

*) Reuß August Emmanuel, geboren in Bilin (Böhmen) als Sohn des Badearztes und Geologen Franz Ambros Reuß, studierte in Prag Medicin, wurde praktischer Arzt in Bilin und veröffentlichte als solcher 1846 sein ausgezeichnetes Werk „Die Versteinerungen der böhmischen Kreide". Dies verschaffte ihm 1849 einen Ruf als Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Prag. Nach Zippe's Tod wurde er 1863 in gleicher Eigenschaft an die Universität Wien berufen. Starb am 26. November 1873.

Plänerkalk von Kutschlin, Hundorf und Strehlen in Sachsen nebst den darüber liegenden Conglomeraten von Kutschlin und Schitlingen, 4. den oberen Quader, arm an Versteinerungen, sehr mächtig in Nordböhmen und in der sächsischen Schweiz. In dem mit 51 Tafeln ausgestatteten Werk beschreibt Reuß aus der böhmischen Kreide nicht weniger als 776 Arten von Versteinerungen und bestimmt nach diesen den unteren Quader als Aequivalent des lower und upper Greensand in England, den Plänermergel als Gault, den Plänerkalk als lower Chalk und den oberen Quader wahrscheinlich als Vertreter der weißen Kreide.

Die Unsicherheit über die Stellung des unteren und oberen Greensand in England, welche auch alle Versuche, die entsprechenden festländischen Bildungen genau zu bestimmen, vereitelte, wurde durch Fitton[54]) nach einer erneuten Untersuchung der Insel Wight endgiltig beseitigt und der lower Greensand als Aequivalent des Neocomien erkannt. Einen gewaltigen Einfluß auf die ganze Entwickelung der Kreidestratigraphie übte das Erscheinen der d'Orbigny'schen Paléontologie Française aus. Im zweiten Band dieses gewaltigen Werkes (Terrains crétacé tome II. 1842) gibt d'Orbigny eine neue Classification der Kreidebildungen, welche mit großer Sachkenntniß namentlich die französischen Verhältnisse berücksichtigt und die Kreideformation in fünf nach typischen Localitäten benannte Stufen: Senonien, Turonien, Albien (Gault), Aptien und Neocomien eintheilt. Im Cours élementaire und Prodome (vgl. S. 671) werden zwischen Neocomien und Aptien noch die Stufe Urgonien und zwischen Albien und Turonien als Aequivalent des oberen Grünsands die Stufe Cenomanien eingeschaltet.

Die d'Orbigny'schen Stufen wurden in Frankreich, trotz des Widerspruchs von d'Archiac, allgemein angenommen und fanden auch in den übrigen Ländern Europas mit Ausnahme von England Eingang. Dort hielt man an der von W. Smith, Conybeare und Fitton geschaffenen Gliederung fest und beschränkte sich auf Detailuntersuchungen über die Zusammensetzung, Verbreitung und den Versteinerungsreichthum der verschiedenen Gruppen. An diesen Arbeiten betheiligten sich insbesondere S. Woodward, R. A. Godwin-Austen, Edw. Forbes, Ibbetson, Judd, Whitaker, Prestwich, Topley u. A. F. Dixon veröffentlichte 1850 unter Mitwirkung von R. Owen, Grey Egerton, Edw. Forbes, Sowerby, Lonsdale

und Bell eine Geologie und Paläontologie von Sussex, worin zahlreiche neue Versteinerungen aus der Kreide abgebildet sind. Im Jahre 1876 machte Ch. Barrois in erfolgreicher Weise den Versuch, die von Hébert für das Pariser Becken durchgeführte Zonengliederung der oberen Kreide auch auf England und Irland zu übertragen und dadurch bessere Vergleichspunkte mit anderen Ländern zu schaffen. Diese Gliederung wurde in England anerkannt und findet sich in Horace Woodward's Geologie von England und Wales (1887) weiter ausgeführt und auf das ganze Kreidesystem ausgedehnt, so daß jetzt die Stratigraphie dieses Abschnittes des mesozoischen Zeitalters in England bis zu einem gewissen Grade abgeschlossen erscheint.

Auch in Deutschland, wo freilich die eigenthümliche Faciesentwickelung die Vergleichung mit den typischen Kreidegebieten erschwerte, wurde die Reihenfolge der verschiedenen Stufen und Zonen nach und nach immer sicherer bestimmt. 1849 veröffentlichte H. B. Geinitz[55]) eine Uebersicht der Kreideformation in Deutschland, für welche er die schon von Fr. Hoffmann gebrauchte Bezeichnung Quadersandsteingebirge einführen wollte. Er hält an seinen vier Hauptabtheilungen (oberer Quadersandstein, Quadermergel, unterer Quadersandstein und Hilsthon) fest, verfolgt deren Ausbildung in der Gegend von Aachen und in Belgien, Westfalen, Hannover, am Harz, in Sachsen, Böhmen, bei Regensburg, in Schlesien, Mähren, Galizien, Polen, den baltischen Ländern und Skandinavien und fügt seinen stratigraphischen Erörterungen eine Liste aller in Deutschland nachgewiesenen Kreideversteinerungen bei. Eine Anzahl Irrthümer seiner Vorgänger, wie z. B. die Altersbestimmung des Grünsandes von Essen, des Plänermergels von Priesen in Böhmen u. s. w. werden berichtigt und sämmtliche deutsche Kreidebildungen mit den d'Orbigny'schen Stufen verglichen. Beyrich hatte seine Kreidestudien 1844 in Schlesien begonnen und dieselben am nördlichen Harzrand bis in die Gegend von Halberstadt und Quedlinburg fortgesetzt.[56]) In einer kurzen aber inhaltreichen Abhandlung sind in musterhafter Klarheit die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse des untersuchten Gebietes beschrieben und auf einer Karte dargestellt. Für das subhercynische Quadergebirge schlägt Beyrich eine Gliederung in vier Abtheilungen (unterer Quader, Zwischenquader, oberer Quader und Ueberquader) vor. Der untere Quader enthält Exogyra columba und Ammonites Rhotoma-

gensis, entspricht also dem oberen Grünsand Englands und Frankreichs. Der Zwischenquader oder Pläner ist thonig, kalkig oder mergelig, findet sich in ähnlicher Ausbildung in Sachsen, Böhmen, Schlesien und Westfalen und bildet das Aequivalent der Turonstufe d'Orbigny's und des Chalk marl in England. Irriger Weise werden hierher auch der Grünsand von Essen, die Hippuritengesteine in Böhmen und die belgische Tourtia gestellt. Der obere Quader und der Ueberquader sind als locale Facies-Aequivalente der weißen Kreide gedeutet, die im Ganzen zwar eine einheitliche Fauna umschließen, aber verschiedene petrographisch abweichende Abtheilungen enthalten und darum eine weitere Detailgliederung gestatten. Gegen die von Geinitz vorgeschlagene Bezeichnung „Quadersandstein-Formation" richtet Beyrich sowohl in dieser, als in zwei Abhandlungen über die Kreidebildungen der Gegend von Regensburg[57]) scharfe Angriffe. In der Erläuterung[58]) zu seiner geognostischen Karte des nördlichen Harzrandes zwischen Langelsheim und Blankenburg schließt er sich an die d'Orbigny'sche Eintheilung an. Beyrich's Freund und Arbeitsgenosse Jul. Ewald[59]) beschäftigte sich anfänglich hauptsächlich mit den versteinerungsreichen unteren Kreidebildungen in den südfranzösischen Alpen und der Provence und sucht auf Grund eingehender paläontologischer Vergleichung der im dortigen Aptien und Gault vorkommenden Versteinerungen nachzuweisen, daß das Aptien keine selbständige Stufe bilde, sondern als unteres Glied des Gault zu betrachten sei.

Eine interessante, durch weite Gesichtspunkte und seltene Beherrschung der Literatur ausgezeichnete Abhandlung über die Verbreitung der Kreidebildungen veröffentlichte Leop. v. Buch[60]). Er sucht darin zu zeigen, daß in Europa, Asien und Nordamerika die Kreideablagerungen im Gegensatz zu Jura und Trias nirgends bis in die hohen polaren Regionen hinübergreifen, sondern hauptsächlich auf die gemäßigten Zonen beschränkt seien. Er folgert daraus, daß der Einfluß der inneren Erdwärme in den hohen Breiten zurückgegangen und durch die nördliche Grenze der Kreide angedeutet sei.

Wichtige Beobachtungen über die subhercynischen Kreidebildungen finden sich in verschiedenen kleineren Aufsätzen Ewald's und namentlich in der im Jahre 1864 erschienenen vierblättrigen geologischen Specialkarte der Gegend zwischen Magdeburg und dem Harz. Auch v. Strombeck's meist in der Zeitschrift der deutschen geologischen

Gesellschaft veröffentlichte Untersuchungen beseitigen fast alle Unsicherheiten, welche in F. A. Roemer's Gliederung der nordwestdeutschen Kreidebildungen übrig geblieben waren. Es gelang v. Strombeck im Flammenmergel das Aequivalent des oberen Gault nachzuweisen und für das französische Aptien entsprechende Ablagerungen in Braunschweig aufzufinden. Für die Zonengliederung der oberen Kreide in Westfalen und bei Lüneburg sind neben Strombeck's Arbeiten die neueren Untersuchungen von Stolley maßgebend. Ferd. Roemer und Debey beschäftigten sich mit der Untersuchung der oberen Kreide von Aachen, deren Versteinerungen durch Jos. Müller, Debey, Beissel und neuerdings durch Joh. Böhm und Holzapfel monographisch bearbeitet wurden; außerdem veröffentlichte Ferd. Roemer verschiedene Mittheilungen über die Kreidebildungen in Westfalen und am Teutoburger Wald. Nach seiner Uebersiedelung nach Breslau wurde er 1862 mit der Herstellung einer geologischen Karte von Oberschlesien betraut, die 1870 begleitet von einem Text erschien, worin die bis dahin wenig bekannten Kreidebildungen in dem österreichisch-russischen Grenzgebiet eingehend geschildert wurden. Ueber die schlesischen Kreidebildungen liegen außerdem neuere Arbeiten von Drescher, Kunth, Leonhard u. A. vor. Die stratigraphische und paläontologische Kenntniß der westfälischen Kreidebildungen wurde durch Becks, Agassiz, von der Marck, Hosius und in neuerer Zeit ganz besonders durch Clemens Schlüter gefördert. v. Hagenow war vorzugsweise Paläontologe. Seine Arbeiten über die Bryozoen der Mastrichter Tuffkreide und seine zahlreichen kleineren Mittheilungen über die weiße Kreide von Rügen und Vorpommern nehmen eine rühmliche Stellung in der deutschen paläontologisch-stratigraphischen Literatur ein.

Die große Uebereinstimmung der Kreidebildungen in der Nachbarschaft von Regensburg und Kelheim mit Böhmen und Sachsen hatten bereits Geinitz und Beyrich erkannt; aber erst Gümbel war im Stande, eine bis ins Kleinste durchgeführte Vergleichung der bayerischen, böhmischen und sächsischen Kreidebildungen durchzuführen[61]), nachdem er vorher die Gegend von Regensburg, Ortenburg und Passau in eingehendster Weise studiert hatte. Ueber die letztgenannten niederbayerischen Localitäten hatte bereits Egger werthvolles Material gesammelt, das von Gerster paläontologisch bearbeitet wurde.

In Böhmen beschäftigten sich Hochstetter, Jokely, Paul und Wolf im Auftrag der geologischen Reichsanstalt mit den dortigen Kreidebildungen, die neuerdings durch die böhmischen Geologen Krejci, Friç, Nowak, Počta in eingehendster Weise stratigraphisch gegliedert und paläontologisch beschrieben wurden. Auch H. B. Geinitz hat (1871—1875) seine langjährigen Erfahrungen über die sächsischen Kreideablagerungen in einer großen, reich ausgestatteten stratigraphisch-paläontologischen Monographie niedergelegt.[62]) Die Cephalopoden der unteren Kreide in Norddeutschland haben Neumayr, Uhlig und Griepenkerl beschrieben; von Urban Schloenbach, Dames, Schlüter, Marsson, Brauns, Frech, Stolley, G. Müller u. A. wurden die Versteinerungen aus der mittleren und oberen Kreide Norddeutschlands bearbeitet.

In Frankreich hatte d'Orbigny die Kenntniß der Kreidefossilien mächtig gefördert und auf diese seine Stufengliederung basiert. d'Archiac verhielt sich ablehnend gegen die vorgeschlagenen Neuerungen und beharrte in seiner nahezu vollständigen Darstellung der bis zum Jahre 1852 reichenden Kreideliteratur[63]), sowie in einer wichtigen Monographie über die Corbièren (1859) bei seiner früheren Eintheilung. Dagegen schloß sich der bedeutendste Vertreter der stratigraphischen Richtung, Ed. Hébert in verschiedenen äußerst genauen Arbeiten über die Kreidebildungen des Pariser Beckens, Belgiens, die Gegend von Rouen und Le Mans (1847—1858) an d'Orbigny an und gerieth dadurch mit seinem Rivalen, dem geistvollen und feurigen Provençalen Henri Coquand*) in Conflict. Coquand's Arbeitsgebiet lag im Südwesten und Süden von Frankreich, das von Hébert im Norden und darin ist wohl der Grund zu finden, warum sich die beiden Forscher so wenig verstanden; denn gerade in diesen Gebieten zeigen die Kreidebildungen die größtmöglichen faciellen Verschiedenheiten. Coquand hatte acht Jahre lang geologische Aufnahmen in der Charente[64]) gemacht, konnte jedoch weder mit der von d'Archiac noch von d'Orbigny aufgestellten Gliederung zurecht kommen. Die Kreide beginnt in der Charente mit dem oberen Cenomanien und läßt sich naturgemäß nach Coquand in acht Stufen zerlegen, welche paläontologisch vorzugsweise durch das massenhafte

*) Coquand Henri, geboren 1813 zu Aix in der Provence, Professor der Geologie in Besançon und Marseille; starb 1881 in Marseille.

Vorkommen von Rudisten, die im nördlichen Frankreich fast gänzlich fehlen, charakterisiert sind. Dem Cenomanien und Turonien gehören die Etagen Rhotomagien, Gardonien, Carentonien (Zone der Exogyra columba), Angoumien und Provencien, dem Senonien und Danien die Etagen Coniacien, Santonien, Campanien und Dordonien an. Die Mehrzahl der für die Charente aufgestellten Stufen konnte Coquand auch in der Provence und in Algerien nachweisen. Coquand schaltete für den Sandstein von Uchaux und Mornas in der Provence 1862 eine neue Etage Mornasien zwischen Carentonien und Angoumien und 1869 zwischen das Carentonien und Mornasien noch eine weitere Stufe Ligérien ein. Auch die untere Kreide wurde 1862 um die Etage Barrêmien bereichert, welche nach Coquand zwischen Neocomien und Urgonien liegt, während d'Orbigny die Cephalopoden führenden Schichten von Barrême und anderen Orten in den Basses Alpes nur für eine Facies des Urgonien angesehen hatte. Für gewisse in den Pyrenäen und in der Provence vorkommende Süßwasserbildungen an der oberen Grenze der Kreideformation errichtete Leymerie die Stufe Garumnien. Die Coquand'sche Eintheilung wurde von den südfranzösischen Geologen, namentlich Reynès, Arnaud u. A. bereitwillig anerkannt, dagegen von Hébert*) scharf bekämpft. Der Pariser Stratigraph, welcher nach und nach die Kreideablagerungen von fast ganz Frankreich studiert hatte, nimmt für die obere Kreide zwar die d'Orbigny'sche Gliederung an[65]), beansprucht jedoch für die Danien-Stufe einen etwas größeren Umfang. Die vier Stufen Cenomanien, Turonien, Senonien und Danien sind wieder in Unterstufen und diese in Zonen zerlegt, die sich theilweise in den verschiedenen Theilen von Frankreich und dem übrigen Europa nachweisen lassen. Hébert bemängelt nicht nur die von Coquand vorgeschlagene Nomenclatur, sondern bestreitet auch die Anwesenheit von Aequivalenten der weißen

*) Hébert Edmond, geboren am 12. Juni 1812 zu Villefargeau (Yonne) als Sohn eines Landwirths, studierte in Auxerre und Paris an der École normale; wurde 1836 Professor in Meaux, kehrte 1838 als Präparator und Repetitor für Chemie und Physik an die École normale in Paris zurück und wurde 1852 Maître de Conférences für Geologie. 1857 folgte er seinem Lehrer Constant Prévost als Professor der Geologie an der Sorbonne und entfaltete dort bis zu seinem Tode am 4. April 1890 eine äußerst wirksame Lehrthätigkeit.

Schreibkreide mit Belemnitellen in der Touraine, Charente, Dordogne und in der Provence. Die Stufen Dordonien und Campanien entsprechen nach Hébert der unteren Abtheilung des Senonien und nicht, wie Coquand angenommen hatte, dem ganzen Senonien und Danien. Bayle theilte 1857 die französische obere Kreide nach den Rudisten in sieben Zonen ein. An der weiteren Ausbildung der Kreidegliederung Frankreichs haben sich in neuester Zeit besonders Barrois, Arnaud, Magnan, Toucas, Peron, Roussel, Kilian, Leenhardt und Douvillé betheiligt. Im Allgemeinen hat man an der d'Orbigny'schen Eintheilung festgehalten und diese nur durch Einführung von Unterstufen und Zonen weiter ausgearbeitet. So wurde in der unteren Abtheilung der Kreide von Pictet an der Basis des Neocomien im französischen Rhônethal eine durch besondere Versteinerungen ausgezeichnete Unterstufe Berriasien ausgeschieden, die auch in den Alpen und Karpathen und in Algerien verbreitet ist. Das Aptien wurde von Kilian in die Unterstufen Gargasien und Bedoulien zerlegt. Im französisch-schweizerischen Juragebirge, wo vorzugsweise die untere Abtheilung des Kreidesystems zur Entwickelung gelangte, unterschied Desor im Neocomien eine untere (Valenginien) und eine obere Abtheilung (Hauterivien). Renevier bezeichnete die Grenzschichten zwischen Urgonien und Aptien an der Perte du Rhône als Rhodanien und den obersten Gault im Waadtländer Jura als Vraconien. Für die obere Abtheilung des Kreidesystems begnügte man sich meist mit den d'Orbigny'schen Stufen und den von Coquand vorgeschlagenen Unterstufen. Die Versteinerungen aus dem schweizerischen Jura wurden von Agassiz, Pictet, Campiche, Renevier und Loriol beschrieben.

In Belgien hatte A. Dumont schon 1849 eine eigene Nomenclatur eingeführt, welche sich bis heute, wenn auch in modificiertem Sinn, in der dortigen Literatur erhalten hat. Das System Aachenien entspricht der Wealdenformation, dessen wundervolle Iguanodonten und sonstige Wirbelthiere von Bernissart durch Dupont der Wissenschaft erhalten und von L. Dollo vorzüglich beschrieben wurden. Das Système Hervien entspricht dem Cenomanien und enthält die reichen Versteinerungsfundstätten von Bracquegnis und die Tourtia von Tournay und Montignies-sur-Roc; das Nervien vertritt einen Theil des Turonien, das Senonien umfaßt die ganze obere Kreide. Die Versteinerungen aus dem belgischen Cenomanien wurden von

d'Archiac, Briart und Cornet, jene aus den oberen Kreideschichten von Ryckholt, Bosquet, Dollo u. A. beschrieben. Die Versteinerungen der berühmten Tuffbrüche von Mastricht haben in Faujas de Saint-Fond, Camper, Cuvier, Schlotheim, Goldfuß, Binkhorst, Hagenow, Ubaghs, Kaunhowen u. A. Bearbeiter gefunden.

Die Kreideablagerungen spielen in den schweizerischen und Ostalpen, sowie in den Karpathen eine verhältnißmäßig untergeordnete Rolle und konnten erst richtig gedeutet werden, nachdem die Stratigraphie der Kreideformation in den übrigen Theilen Europas geregelt war. In der Schweiz hatte Bernh. Studer schon 1836 bei Interlaken die untere Kreide nachgewiesen und später mit Escher von der Linth deren Verbreitung und Entwickelung, namentlich am Vierwaldstätter See, Glärnisch und Säntis studiert. Um die Kenntniß der Waadtländer und Savoyer Alpen machten sich Renevier, A. Favre und Schardt verdient. Ueber die Kreidebildungen am Luzerner See schrieben neuerdings Stutz und Kaufmann. Die Vorarlberger Kreidebildungen wurden von Ferd. v. Richthofen, Gümbel und Vacek, die der bayerischen Alpen von Gümbel beschrieben. In den österreichischen Alpen hatten die „Gosauschichten" schon frühzeitig die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Ami Boué hatte sie schon 1822 an der Wand bei Wiener Neustadt gesehen, anfänglich für jurassisch gehalten, später aber zum Grünsand gestellt. Keferstein vereinigte sie (1827) mit dem Flysch, obwohl Graf Münster einige unzweifelhafte Kreideversteinerungen darin erkannt hatte. Murchison stellte die Gosaumergel in das Tertiär und schrieb den dazu gehörigen Hippuritenkalken ein höheres Alter zu. Die österreichischen Geologen rechneten sie vor 1850 bald zum Gault, bald zur oberen Kreide, bis Zekeli (1852) auf Grund seiner Untersuchungen der Gastropoden zur Schlußfolgerung gelangte, in den Gosauschichten seien Turonien und Senonien gleichmäßig vertreten. Auch Reuß sieht in denselben einen einheitlichen Complex, welcher vorzugsweise dem Turonien und höchstens noch dem unteren Theil des Senonien gleichgestellt werden müsse. Da die Grenze zwischen Turonien und Senonien von den französischen Geologen in sehr verschiedener Weise gezogen wurde, so gelangte man dadurch zu keiner präcisen Altersbestimmung. Zittel wies in seiner Monographie der Bivalven die Aequivalente der Gosauschichten in der Provence und

in den Pyrenäen nach und verglich sie mit den Coquand'schen Stufen Provencien und Santonien. Auch die übrigen Abtheilungen der Kreideformation in den Nordalpen finden ihr Aequivalent im südlichen Frankreich, während die Karpathen nach den Untersuchungen von Zeuschner, Hohenegger, Neumayr, Uhlig, Paul, Tietze u. A. manche Eigenthümlichkeiten aufweisen und dadurch Veranlassung zur Aufstellung besonderer Localstufen gegeben haben.

Auf die allgemeine Gliederung der Kreideformation haben Italien, Spanien, Rußland und die Balkanhalbinsel keinen nennenswerthen Einfluß ausgeübt. In Nordamerika, namentlich in Texas und in den westlichen Staaten, besitzen die cretaceischen Bildungen, wie bereits Ferd. Roemer in seiner Monographie der texanischen Kreide gezeigt hatte, eine so fremdartige Ausbildung, daß von einer detaillierten Zonenvergleichung mit Europa nicht die Rede sein kann. Aus Südamerika wurden schon 1839 durch Leop. v. Buch und Degenhard typische Kreideversteinerungen aus Neu-Granada, von d'Orbigny (1842) aus Bolivia, von Darwin aus Chile und von Herm. Karsten (1849) aus Columbia und Venezuela beschrieben. Auch aus Ostindien sind durch die Arbeiten von Forbes, Blanford und Stoliczka ungemein reichhaltige Localitäten von Kreidefossilien bekannt geworden, welche vorzugsweise der oberen Kreide angehören und sich zum Theil auch in Ostasien, namentlich in Japan wiederholen.

i) Tertiär-System.

Ueber die Hauptgliederung der Tertiärformation war durch die bereits (S. 579) erwähnten Arbeiten von Ch. Lyell, Deshayes und Bronn schon im Beginn des dritten Jahrzehntes ziemliche Uebereinstimmung erzielt worden. Im Pariser Becken hatten Cuvier, Al. Brongniart, Const. Prévost u. A., in Belgien Omalius d'Halloy, in England Webster, Buckland und Lyell die Aufeinanderfolge der einzelnen Stufen mehr oder weniger genau festgestellt und über die deutschen und österreichischen Tertiärgebilde lagen werthvolle Beobachtungen von Ami Boué vor. Die Kenntniß der fossilen Tertiär-Mollusken, auf welche sich die Lyell'sche Eintheilung in Eocän, Miocän und Pliocän stützte, war durch Brocchi[66], Sowerby, Lamarck[67], Deshayes[68], Bronn, Dujardin, Basterot u. A. wesentlich gefördert worden, so daß die feinere Gliederung der Tertiärbildungen keine besonderen Schwierigkeiten bot.

Ihre Abgrenzung gegen die Kreide und das Diluvium hatten für die nordeuropäischen Becken schon Buckland, Al. Brongniart und Omalius d'Halloy geregelt, dagegen verursachten die südeuropäischen und alpinen Nummuliten führenden Ablagerungen nebst den sie begleitenden Sandsteinen und Schiefern, welche von B. Studer unter dem Namen Flysch, von den Italienern als Macigno oder Tasello beschrieben worden waren, eine vieljährige Controverse. Al. Brongniart[69]) hatte zwar bereits im Jahre 1823 das tertiäre Alter der kalkig tuffigen Nummulitenbildungen von Ronca, Castel-Gomberto, Bolca und anderen Orten im Vicentinischen nachgewiesen und Graf Münster in Keferstein's Teutschland eine Liste von 172 am Kressenberg in Bayern vorkommenden Versteinerungen veröffentlicht, unter denen sich 42 auch in typischen Tertiärbildungen von Deutschland, Frankreich und England finden, während nur zwei Arten Aehnlichkeit mit Kreideformen besitzen und eine einzige (Ostrea semiplana) wirklich auch in der Kreide vorkommt. Graf Münster schloß daraus auf ein tertiäres Alter der Nummulitenbildungen in den bayerischen Alpen. Murchison und Sedgwick folgen in ihrer Abhandlung über die östlichen Alpen (1830) bezüglich der Kressenberger Schichten dem deutschen Paläontologen, glauben jedoch, daß bei Sonthofen die Nummulitengesteine auf das innigste mit der Kreide verbunden sind und ein Gemisch von Kreide und Tertiärfossilien enthalten.

Noch bestimmter betonen Dufrenoy und Elie de Beaumont in mehreren Abhandlungen, welche die geologische Karte von Frankreich begleiten (1830—1838) die Beziehungen der südfranzösischen Nummuliten- und Flyschgesteine zur Kreideformation, indem sie darin ein Gemisch von Kreide und Tertiärversteinerungen erkennen wollten. Sie füllen nach Ansicht dieser Autoren eine im Norden vorhandene Lücke zwischen den beiden Formationen aus, werden aber besser zur Kreide als zum Tertiär gestellt, da die Erhebung der Pyrenäen erst nach ihrer Ablagerung stattfand. Gewisse Nummulitengesteine, wie die von Ronca, Monte Bolca u. s. w., gehören nach Elie de Beaumont allerdings ins Tertiär. Die Schweizer Geologen B. Studer und Escher von der Linth betrachten die Nummulitengesteine als Uebergangsbildungen zwischen der mesozoischen und cänozoischen Periode, halten die Verbindung mit der Kreide aber für enger als die mit dem Eocän. Leymerie (1843) glaubt die Nummulitenbildungen in den Pyrenäen als eine selbständige Formation (Terrain epicrétacé)

zwischen Kreide und Tertiär ansehen zu dürfen und Tallavignes unterscheidet (1847) darin die zwei Stufen Iberien und Alaricien. Gegen diese Auffassung erhoben P. Deshayes und Raulin Protest, indem sie den entschieden eocänen Charakter der Nummulitenfauna betonen. Auch d'Archiac spricht sich nach einer sehr eingehenden und sachkundigen Erörterung der Nummulitenformation[70]), mit Bestimmtheit für deren tertiäres Alter aus. d'Archiac's reich ausgestattete Monographie[71]) der aus indischen Nummulitengesteinen stammenden fossilen Ueberreste, welcher eine vortreffliche, in Gemeinschaft mit J. Haime abgefaßte Synopsis und Beschreibung aller Nummulitenarten vorausgeht, bildet eine Ergänzung obiger Zusammenstellung und beweist überdies, daß die Gattung Nummulites weder in der Kreide noch in jüngeren Tertiärablagerungen vorkommt. Seitdem galt die Frage über das Alter der Nummulitenformation ziemlich allgemein als endgültig entschieden und nur Schafhäutl vertrat in mehreren kleineren Abhandlungen, sowie in einem stattlichen Tafelwerk über den Kressenberg[72]) mit Beharrlichkeit die Meinung, die Nummulitenformation der bayerischen Alpen enthalte ein Gemenge von ächten Kreideversteinerungen mit solchen, welche zwar eocänes Gepräge besäßen, aber nur selten mit bekannten Tertiärarten specifisch übereinstimmten. Schafhäutl glaubt sogar, einige jurassische und liasische Formen in den Nummulitenschichten nachweisen zu können. Durch Gümbel[73]) wurden diese überraschenden Ergebnisse erklärt. Er zeigte, daß Schafhäutl verschiedene ältere mesozoische Bildungen mit der Nummulitenformation vermengt hatte und daß ein großer Theil der von Schafhäutl beschriebenen Arten irrig bestimmt sei.

Während somit im Süden von Europa die Frage über die Stellung der Nummulitenformation zum Austrag gebracht wurde, machte die genauere Kenntniß der Tertiärbildungen in England, Belgien, Nord- und Westfrankreich, Deutschland, Oesterreich, Italien und den übrigen Ländern Europas rasche Fortschritte. Einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die ganze Entwickelung der Tertiärstratigraphie übten Galeotti's[74]) und namentlich Dumont's vortreffliche Untersuchungen[75]) in Belgien aus. Dumont unterschied (1849—1852) die Etagen Heersien, Landenien, Yprésien, Panisélien, Bruxellien, Laekenien, Tongrien, Rupelien, Bolderien, Diestien, Scaldisien, wovon die sechs ersteren, wie Ch. Lyell[76]) in einer mehr paläontologischen als stratigraphischen Abhandlung nach-

wies, dem unteren und mittleren Eocän angehören; Tongrien und Rupelien entsprechen nach Lyell dem oberen Eocän, Bolderien dem Miocän und Diestien und Scaldisien dem Pliocän (Crag). Die Versteinerungen, namentlich die Mollusken und Korallen aus den verschiedenen Stufen wurden von Nyst (1835, 1836 und 1845), de Koninck (1837) und Bosquet bearbeitet. Im Pariser Becken waren die verschiedenen Glieder der Tertiärformation durch Alex. Brongniart in so musterhafter Weise beschrieben worden, daß nur noch stratigraphische Detailfragen zu erledigen übrig blieben. Constant Prévost, Deshayes, d'Archiac, Graves, Melleville, der Marquis de Roys, Ch. d'Orbigny, Raulin und vom Jahre 1848 an besonders Ed. Hébert machten sich um die Kenntniß der verschiedenen Glieder des Pariser Beckens verdient. Unter den älteren Arbeiten verdient eine Abhandlung von C. Prévost[77]) besondere Beachtung, weil hier zuerst in principieller Weise die Vertretung gewisser Ablagerungen durch andere von völlig abweichender Facies ausgesprochen ist. Prévost nahm an, daß das Pariser Becken gleichzeitig von Norden und Nordwesten marine, von Osten und Südosten fluviatile Zufuhr erhielt. Dadurch entstanden im nordwestlichen Theil des Pariser Beckens die unteren Meeressande, der Grobkalk und die mittleren Meeressande, während im Südosten und Osten verschiedenartige Süßwassergebilde zur Ablagerung gelangten. So richtig das Princip der Faciesvertretung auch ist, so erwies sich doch die Anwendung derselben auf das Pariserbecken in den meisten Fällen als unhaltbar gegenüber der älteren Auffassung von Cuvier und Al. Brongniart, welche periodische Einbrüche und Ueberfluthungen durch den Ozean mit nachfolgender Aussüßung größerer oder kleinerer Theile annahmen. In England hatte Joseph Prestwich*) im Jahre 1846 seine Studien über die beiden Tertiärbecken von Hampshire und London begonnen und in einer Reihe von Abhandlungen die einzelnen Stufen derselben in sorgfältigster Weise definiert und mit einander

---

*) Prestwich Joseph, geboren 1812 zu Pensbury bei London, wurde theils in England, theils in Paris erzogen und trat nach Vollendung seiner Studien am University College in London in das väterliche Geschäft ein, aus welchem er sich erst 1872 zurückzog. Alle Mußestunden widmete er geologischen Studien, so daß er 1874 als Nachfolger von J. Phillips zum Professor der Geologie in Oxford ernannt wurde. 1888 war er Präsident des 4. internationalen Geologencongresses in London. Starb am 23. Juni 1896.

verglichen. Er wies unter dem Londonclay noch die bis dahin unbekannten Thanet-Sande nach und zeigte, daß der erstere nicht den Schichten von Bracklesham und Barton oder dem Grobkalk des Pariser Beckens entspricht, sondern einem tieferen Horizont angehört. In einer zusammenfassenden Abhandlung, die im Juni 1854 gelesen und im folgenden Jahr im Quarterly Journal veröffentlicht wurde, macht Prestwich den Versuch, die älteren Tertiärbildungen Englands mit denen des Pariser Beckens und Belgiens zu vergleichen, wobei er sich für die beiden continentalen Gebiete vorzugsweise auf d'Archiac und Dumont stützt, die ebenfalls schon ähnliche synchronistische Zusammenstellungen veröffentlicht hatten. Prestwich findet für die Thanet-Sande nur im unteren Theil des belgischen Landenien (Heersien) ein Aequivalent; im Pariser Becken hält er die unteren glaukonitischen Meeressande (Sables de Bracheux), den plastischen Thon, die Lignite und die Conglomerate von Meudon für die Vertreter seiner Woolwich-Serie; der eigentliche London-Thon fehlt im Pariser Becken, stimmt aber mit dem unteren Yprésien von Dumont überein. Die unteren Bracklesham- oder Bagshot-Schichten repräsentieren die Sande von Soissons, Cuise, Aizy und Laon im Pariser Becken, sowie den oberen Theil des Yprésien und des Paniselien in Belgien, die mittleren Bracklesham- und Bagshot-Schichten den Pariser Grobkalk, und das Bruxellien und Laekenien in Belgien. Die oberen Bracklesham-Schichten und der Bartonclay correspondieren mit dem mittleren Meeressand bei Paris. Ed. Hébert hat 1873 die Prestwich'sche synchronistische Tabelle in einzelnen Punkten berichtigt, allein für die Gliederung des englischen Tertiärs sind die Prestwich'schen Arbeiten bis auf den heutigen Tag maßgebend. Die obere fluvio-marine Abtheilung wurde 1856 von Edw. Forbes eingehend geschildert. Ueber die Säugethiere, Vögel und Reptilien liegen eine Anzahl von Abhandlungen von Rich. Owen vor; Agassiz hat die Fische des Londonthons, Edwards die Mollusken des Eocäns, Searles Wood jene des Crag und die Bivalven des Eocän monographisch bearbeitet. Von Th. Davidson sind die Brachiopoden, von Busk die Bryozoen, von Edw. Forbes die Echiniden, von Rup. Jones die Ostracoden, von Milne Edwards, Haime und Duncan die Korallen, von St. Gardner und Const. v. Ettingshausen die Pflanzen des englischen Tertiärs in den Schriften der Palaeontographical Society beschrieben.

Im Pariser Becken, Belgien und England sind die eocänen Tertiärbildungen typisch entwickelt und auf sie stützte sich in Nordeuropa die ganze Gliederung des älteren Tertiärs. Das Miocän wurde eingehender zuerst von Desnoyers (1829), Dujardin (1837) und Lyell in der Touraine, von Bastérot (1825), Grateloup (1836—1840), Raulin und Delbos (1846—1848) in Aquitanien, von Pomel, Croizet und Aymard in der Auvergne, von Marcel de Serres, Coquand und Mathéron im Languedoc und der Provence untersucht. Um die Kenntniß der miocänen und pliocänen Ablagerungen in Italien machten sich nach Brocchi und Bronn zunächst Michelotti, Bellardi, Sismonda, Collegno, Savi, Meneghini, Bianconi und die beiden Deutschen Fr. Hofmann und Philippi verdient. Philippi's vortreffliches Werk[78]) über die lebenden und tertiären Mollusken Siciliens bildet eine höchst werthvolle Ergänzung der Lyell-Deshayes'schen Untersuchungen, weil darin gezeigt wird, wie in den verschiedenen Horizonten des Pliocäns von unten nach oben allmählich die Quote der noch jetzt in dem Mittelmeer lebenden Arten steigt, bis in den jüngsten Schichten die ausgestorbenen Formen von den recenten fast vollständig verdrängt sind. Agassiz bemängelte die von Philippi gewonnenen Resultate und suchte 1845 in einer besonderen Monographie[79]) nachzuweisen, daß keine lebende Art mit den im Pliocän vorkommenden Formen völlig identisch sei, und daß jede Formation eine aus durchwegs eigenthümlichen Arten zusammengesetzte Fauna beherberge. Dieselbe Meinung, wenn auch nicht ganz so schroff, vertrat Alcide d'Orbigny[80]), dessen im Jahre 1852 vorgeschlagene Eintheilung[79]) das Tertiär in vier Stufen (Suessonien, Parisien, Falunien, Subapennin) in Frankreich sehr rasch Anerkennung fand. Die beiden älteren entsprechen dem Lyell'schen Eocän und zwar enthält das Suessonien die Nummulitenformation des Mediterrangebietes und die unteren Horizonte bis an die Basis des Grobkalks im Pariser Becken, Belgien und England. Im Prodrome ist das Suessonien in ziemlich willkürlicher Weise in zwei Abtheilungen zerlegt, wovon die untere die alteocänen, fluviatilen Bildungen des anglo-gallischen Beckens und der Provence, die Sande von Bracheux, Chalons-sur-Vesles, Cuise, Plumstead, Woolwich und den Kressenberg umfaßt; in die jüngere Abtheilung werden alle sonstigen Localitäten der Nummulitenformation, sowie die Meeressande der Umgebung von Soissons gestellt. Zur Parisien-

stufe gehören der Grobkalk, der mittlere Meeressand, der Süßwasserkalk von St. Ouen und der Gyps des Pariser Beckens nebst deren Aequivalenten in anderen Ländern. Das Falunien zerfällt wieder in zwei Abtheilungen, wovon die untere (Tongrien) im Pariser Becken mit dem Sandstein von Fontainebleau und dem oberen Meeressand von Etampes beginnt und mit Süßwasserkalk und Mühlsteinquarz abschließt; in Belgien entsprechen nach d'Orbigny die Dumont'schen Stufen Tongrien, Rupélien und Bolderien, in Deutschland der Meeressand von Alzey und Bünde dem unteren Falunien, während der oberen Abtheilung dieser Stufe die Faluns der Touraine, von Aquitanien und Languedoc, der Crag von Antwerpen und Suffolk, die Schichten der Superga bei Turin, die Sande und Tegel des Wiener Beckens, die Molasse und Nagelflue der Schweiz u. A. angehören. Die Subapenninen-Stufe enthält neben den pliocänen marinen Bildungen Italiens und den oberen Sanden von Montpellier ein Gemisch von jungtertiären und diluvialen Ablagerungen. d'Orbigny's Classification berücksichtigt die Specialuntersuchungen in den verschiedenen Ländern in sehr ungenügender Weise, wirft häufig Ablagerungen von ganz verschiedenem Alter zusammen und nimmt Trennungen vor, die in der Natur nicht existieren. Sie hat die Kenntniß der Tertiärbildungen eher gehemmt als gefördert und mußte darum auch nach kurzer Dauer als ungenügend aufgegeben werden.

Für das Miocän galt neben der Touraine, der Gascogne und der Superga bei Turin die Nachbarschaft von Wien für ein typisches Gebiet. Die ersten wissenschaftlichen Veröffentlichungen über diese Bildungen rühren von C. Prévost (1820) und Ami Boué her. Letzterer stützte sich dabei vielfach auf die Angaben von P. Partsch und Jos. v. Hauer, welche mit großem Eifer die Versteinerungen der zahlreichen Fundstätten bei Wien gesammelt hatten. 1837 revidierte H. G. Bronn die Hauer'sche Sammlung und verglich die österreichischen Funde mit denen aus anderen Gegenden, wobei sich deren Uebereinstimmung mit dem Lyell'schen Miocän herausstellte. 1846 publicierte Alcide d'Orbigny seine schöne Monographie über die Foraminiferen des Wiener Beckens und zwei Jahre später folgte die Reuß'sche Abhandlung über die fossilen Polyparien des Wiener Beckens nebst einer geologischen Einleitung, worin Partsch die verschiedenen, zerstreuten Fundorte nach ihrem Alter classificiert. Diese Eintheilung ist sehr fehlerhaft, weil zusammenhängende Profile, in

denen mehrere Glieder von verschiedenem Alter zu sehen sind, nur selten vorkommen. Immerhin hat sich P. Partsch um die Kenntniß der Verbreitung und Zusammensetzung der österreichischen Tertiärbildungen große Verdienste erworben und dieselben auch auf einer geologischen Karte zur Anschauung gebracht. Die späteren Mittheilungen von Mor. Hoernes, Czjzek, Morlot, Ehrlich, Rolle u. A. über die Zusammensetzung der Tertiärbildungen in Oesterreich, Mähren und Steyermark liefern kein befriedigendes Ergebniß; obwohl Moritz Hoernes durch seine prächtige Monographie der fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien (1856—1870) ein Werk geschaffen hatte, das für die Kenntniß der miocänen Mollusken unvergänglichen Werth behalten wird. Hoernes hat, um den Gegensatz der eocänen Fauna und die innige Verbindung mit Miocän und Pliocän hervorzuheben, die zwei letzteren Gruppen unter der Bezeichnung Neogen zusammengefaßt. Erst durch Ed. Sueß[81]) wurden die stratigraphischen Verhältnisse der Tertiärbildungen zwischen den Alpen und dem Manhartsgebirge und in dem eigentlichen (alpinen) Wiener Becken klar gelegt. Sueß zeigt, daß über der eocänen Nummulitenformation zunächst fossilarme Mergel und Tegel und sodann die Amphisylen- oder Meletta-Schiefer folgen, welche in den Karpathen, Alpen, dem Elsaß u. s. w. einen vortrefflichen Orientierungshorizont abgeben. Ueber diesen beginnen die untersten miocänen Schichten von Molt und Horn, von Loibersdorf, Gauderndorf, Eggenburg, die von dem in Oberösterreich und Bayern weitverbreiteten „Schlier" bedeckt werden und über dem die marinen Sande, Tegel und Kalksteine bei Grund, Grußbach, Pötzleinsdorf, Baden, Vöslau, Brunn, im Leithagebirge u. s. w. als verschiedenartige, gleichzeitige Facies ein und derselben Periode folgen. Mit den brackischen „Cerithien-Schichten", oder der sarmatischen Stufe, deren Verbreitung und Fauna Barbot de Marny und Eichwald schon früher in Podolien, Volhynien und dem südlichen Rußland geschildert hatten, beginnt von Westen her eine allmähliche Aussüßung des miocänen Meeres, so daß die obersten Bildungen (Congerien-Schichten und Belvedère-Schotter) als limnische oder fluviatile Bildungen (Pontische Stufe) entwickelt sind. Schon früher (1863) hatte Ed. Sueß aus der Vertheilung der Landsäugethiere in den verschiedenen Tertiärbildungen des Wiener Beckens gezeigt, daß die älteren marinen Horizonte sowie die brakischen Cerithien-Schichten mit dem mittleren Miocän in Frankreich, der Schweiz (Meeresmolasse, Süßwasserkalk von Oeningen,

obere Süßwasser-Molasse) im Alter übereinstimmen, während die oberen Süßwasserbildungen des Wiener Beckens die Fauna des oberen Miocäns von Eppelsheim, Cucuron und Pikermi enthalten. Die von Sueß begründete Gliederung der österreichischen Tertiärbildungen ist in allen wesentlichen Punkten durch die späteren Untersuchungen von Fuchs, Karrer, Toula, Rzehak, R. Hoernes u. A. bestätigt und nur in nebensächlichen Fragen modificiert worden. So hat Fuchs (1873) die marinen Miocänbildungen Oesterreichs im Gegensatz zu den brakischen Cerithien-Schichten als „Mediterranstufe“ bezeichnet und diese wieder in eine untere (Molter-Schichten bis Schlier) und eine obere Abtheilung (marine Bildungen des Leithagebirges und der Gegend von Wien) zerlegt.

Später als in den Nachbarländern entwickelte sich die stratigraphische Kenntniß der deutschen Tertiärbildungen. In noch höherem Maaß als in Oesterreich erschwert hier der Mangel an geschlossenen Profilen, welche die Ueberlagerung mehrerer Stufen erkennen lassen, die Feststellung einer chronologischen Reihenfolge und da auch die an den zerstreuten Fundorten vorkommenden Versteinerungen in der Regel wenig Uebereinstimmung mit den typischen Eocän- und Miocänformen aufweisen, so herrschte noch in einer Zeit, wo in England und Frankreich die Stratigraphie der Tertiärbildungen ziemlich sicher geregelt war, in Deutschland über die fundamentalsten Fragen Unsicherheit. Die deutschen Tertiärablagerungen vertheilen sich auf drei Hauptgebiete: die norddeutsche Ebene, das rheinische Tertiärbecken und die schwäbisch-bayerische Hochebene mit dem angrenzenden nordalpinen Hügelland. Durch Reichthum an fossilen Conchylien und Wirbelthieren erregte die Gegend von Mainz und Alzey zuerst die Aufmerksamkeit der Geologen. Schon im vorigen Jahrhundert berichten Collini und Faujas über Versteinerungen aus der Mainzer Gegend und 1822 lieferte Steininger eine erste flüchtige Beschreibung des Landes zwischen Rhein und Maas. Auch v. Dechen, v. Oeynhausen und A. Boué (1829) geben ziemlich genaue Berichte über die Verbreitung, Gesteinsbeschaffenheit und Versteinerungen der rheinischen Tertiärbildungen, ohne jedoch über deren Alter zu einer bestimmten Meinung zu gelangen. Die Entdeckung des berühmten Dinotherium-Schädels bei Eppelsheim durch v. Klipstein und Kaup veranlaßten Ersteren (1836) zu einigen Bemerkungen über den geologischen Bau des linksrheinischen Mainzer Beckens, welche zu dem Schluß führten, die Knochen führenden

Sande von Eppelsheim entsprächen dem Gyps des Montmartre und die darunter liegenden Kalke dem Pariser Grobkalk. H. G. Bronn[82]) suchte dagegen schon im folgenden Jahr nachzuweisen, daß die Eppelsheimer Sande einem höheren Niveau, nämlich dem Kalkstein von Georgensgmünd und dem mittleren Tertiär des Wiener Beckens angehörten und auch für die älteren Sande von Weinheim bei Alzey nimmt er ein miocänes Alter an, „obwohl die charakteristischen Arten des Wiener Tegels daselbst fehlen".

Im Jahre 1842 veröffentlichte Al. Braun ein Verzeichniß der im Landschneckenkalk von Hochheim, Wiesbaden, Weißenau und im Meeressand von Weinheim vorkommenden Versteinerungen, worin Al. Braun die Conchylien, H. v. Meyer die Säugethiere bestimmt hatte. Die erste genauere Gliederung der Tertiärbildungen am Fuße des Taunus, im Main- und Rheinthal lieferte Fridolin Sandberger.[83]) Sie bildet die Grundlage der späteren Untersuchungen von Fr. Voltz[84]), Walchner, Ludwig u. A., wurde aber vom Autor selbst 1853 in mehrfachen Punkten berichtigt, so daß sich nunmehr von unten nach oben folgende Schichtenreihe ergab: 1. Meeressand von Weinheim bei Alzey, 2. Septarienthon und Cyrenenmergel mit Nestern von Braunkohle, 3. Landschneckenkalk von Hochheim, 4. Cerithienkalk von Flörsheim und Oppenheim, 5. Litorinellenkalk, 6. Letten mit Braunkohlen in der Wetterau, 7. Blättersandstein von Münzenberg, Laubenheim ꝛc., 8. Süßwassersand von Eppelsheim mit Dinotherium, Hipparion ꝛc., 9. Meeressand von Cassel. In Uebereinstimmung mit de Koninck, Nyst und Ch. Lyell stellte Sandberger die zwei unteren Stufen dem Tongrien und Rupelien Dumont's gleich und erkannte, gestützt auf die Untersuchungen von Beyrich, Deshayes und Hébert in ihnen das Aequivalent der Sande von Magdeburg, der Septarienthone von Norddeutschland, der Sternberger Kuchen und der Sande von Jeurre, Etampes und Fontainebleau. Die limnischen und brakischen Glieder vom Landschneckenkalk an bis zum Blättersandstein hält Sandberger für gleichaltrig mit den marinen Miocän-Schichten im aquitanischen und Wiener Becken und dem Système Bolderien in Belgien; den Knochensand von Eppelsheim und den Sand von Kassel für unteres Pliocän (Système Diestien). Durch Weinkauff wurde im Jahre 1860 die Stellung des marinen Septarienthons zwischen dem Meeressand von Weinheim und dem Cyrenenmergel bestimmt und durch Ludwig der Nachweis

geliefert, daß ein Theil des Blättersandes über den Cyrenen-Schichten, ein anderer über dem Litorinellenkalk liege. Im Wesentlichen hält Sandberger an seiner Gliederung auch in seiner Monographie der „Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens“ (Wiesbaden 1863) fest, worin sämmtliche Mollusken in vortrefflicher Weise beschrieben und abgebildet sind. Ein durch Philippi verursachter Irrthum über das Alter der Kasseler Sande drohte kurze Zeit hindurch die im Mainzer Becken und in Norddeutschland gewonnenen Resultate zu verwirren. Philippi hatte 1843 eine Anzahl Versteinerungen aus marinem Sand von Kassel, Freden, Diekholz und Luithorst beschrieben und für pliocän erklärt.[85]) Dadurch wurde Sandberger veranlaßt, die Kasseler Sande über die Eppelsheimer Schichten zu stellen. Nachdem aber E. Beyrich 1854 nachgewiesen hatte, daß die gelben marinen Sande von Kassel über dem Septarienthon liegen, der seinerseits wieder Braunkohlen und Eisenstein führende Schichten überlagert, welche Sandberger für Aequivalente der Wetterauer Braunkohlen angesehen hatte, so stellte Beyrich den ganzen Complex von brakischen und Süßwasserbildungen im Mainzer Becken irrthümlicher Weise unter den Septarienthon. Die von Sandberger vorgeschlagene Gliederung der Tertiärbildungen im Mainzer Becken hat durch spätere Untersuchungen nur geringe Veränderungen erlitten. Die Selbständigkeit des Hochheimer Landschneckenkalkes wurde 1854 von Hamilton angefochten und richtig als locale Einlagerung in den Cerithienschichten erkannt. Die Braunkohlen der Wetterau und den Blättersandstein von Münzenberg erklärte C. v. Ettingshausen (1868) auf Grund seiner Untersuchung der daselbst vorkommenden Pflanzenreste für mittel- oder obermiocän. Die geologische Beschreibung des Mainzer Beckens von R. Lepsius vom Jahre 1883, sowie der erste Band der Geologie von Deutschland desselben Autors vom Jahre 1892 bieten eine Uebersicht aller seit dem Erscheinen des Sandberger'schen Werkes veröffentlichten Publicationen von Ludwig, Geyler, Andreae, Koch, Kinkelin, Schopp u. A. Der südliche Theil des rheinischen Tertiärbeckens im Großherzogthum Baden und im Elsaß wurde von Merian, Daubrée, Sandberger, Delbos, Köchlin-Schlumberger und in neuerer Zeit von Andreae und B. Förster untersucht.

Ueber die in Norddeutschland zerstreuten Fundorte tertiärer Versteinerungen liegen seit Anfang dieses Jahrhunderts mancherlei Be-

richte vor, die jedoch über das Alter und die Gliederung dieser Bildungen keinerlei Aufschluß gewähren. Graf Münster hatte im neuen Jahrbuch für Mineralogie vom Jahre 1835 eine stattliche Liste von Versteinerungen aus tertiären Meeressanden zwischen Osnabrück und Cassel (Doberg bei Bünde, Astrupp, Herford, Cassel u. a. O.) veröffentlicht und ihr Alter als pliocän bestimmt, während er die Einschlüsse der in Mecklenburg vorkommenden „Sternberger Kuchen" dem Eocän zutheilte. Eine Anzahl der aufgezählten Arten ist in dem Goldfuß'schen Prachtwerk abgebildet und beschrieben worden. Die Aufsätze von K. G. Zimmermann über die Hamburger Gegend, von Boll über Mecklenburg geben keinen bestimmten Aufschluß über das Alter der dortigen Tertiärgebilde. Bahnbrechend wurden erst die Arbeiten E. Beyrich's. Im Jahre 1847 erkannte dieser scharfsinnige Beobachter[86]), daß die Versteinerungen des in der Mark Brandenburg und in einem großen Theil von Norddeutschland verbreiteten „Septarienthons" mit denen des Thones von Boom und Baesele bei Antwerpen (Système Rupelien) übereinstimmen. Damit war ein fester Horizont gewonnen, um welchen sich die übrigen Vorkommnisse gruppieren ließen und so konnte Beyrich schon 1853 in der Einleitung seiner leider unvollendet gebliebenen Monographie der Conchylien des norddeutschen Tertiärgebirges[87]) eine Uebersicht der norddeutschen Tertiärbildungen geben und dieselben nach ihrem Alter ordnen. Die älteste norddeutsche Tertiärfauna des „Magdeburger Sandes" entspricht dem unteren Tongrien von Lethen in Belgien und ist beschränkt auf die Gegend zwischen Magdeburg und Egeln. Darüber folgt als Aequivalent des Rupelien der „Septarien-Thon", zu welchem Beyrich auch das Sternberger Gestein und den „Stettiner Sand" rechnet. Ein jüngeres Alter besitzen die Tertiärbildungen des unteren Elbgebietes in Mecklenburg, im südlichen Holstein, in der Gegend von Hamburg, auf Sylt und in Lüneburg. Sie entsprechen dem belgischen Bolderien und dem typischen Miocän von Bordeaux, der Touraine und Wien. Für gleichaltrig hielt Beyrich auch die Ablagerungen von Osnabrück, Crefeld und Düsseldorf. Das norddeutsche Miocän weist allerdings erhebliche Verschiedenheiten gegenüber dem französischen und österreichischen auf und enthält eine Anzahl Formen, die aus den tieferen Horizonten heraufreichen. Das tongrische und Rupelmonder System betrachtet Beyrich noch im Anschluß an d'Orbigny als untermiocän; aber schon

im folgenden Jahr (1854) schlägt er für diese im Pariser Becken und Belgien bald dem oberen Eocän, bald dem unteren Miocän zugetheilte Gruppe von Tertiärbildungen die Bezeichnung „Oligocän" vor. Im folgenden Jahre veröffentlichte Beyrich[88]) eine Abhandlung über die Verbreitung und die Gliederung der norddeutschen Tertiärbildungen. Das Oligocän wird nunmehr in drei Abtheilungen zerlegt. In die untere fallen die Braunkohlenschichten des sächsisch-thüringischen Beckens von Schlesien, Polen und Ostpreußen, sowie die Meeressande von Westpreußen. Auch die bernsteinführenden Bildungen von Preußen, deren Flora durch Goeppert und Conwentz bearbeitet wurde, gehören diesem Horizont an. Zum mittleren Oligocän oder oberen Tongrien rechnet Beyrich den Meeressand von Alzey, die brakischen und Süßwasserbildungen des Mainzer Beckens und die hessisch-rheinischen Braunkohlenbildungen; ferner die dem Rupelien entsprechenden Sande von Klein-Spouwen in Belgien, die Septarien-Thone Norddeutschlands und den Stettiner Sand. Als Ober-Oligocän betrachtet Beyrich jetzt die marinen Bildungen von Crefeld, Düsseldorf, Bünde, Osnabrück, Cassel rc., sowie das Sternberger Gestein in Mecklenburg. Darüber folgen die typischen Miocänbildungen des unteren Elbegebietes, Holsteins und Schleswigs. Im Jahre 1858 sucht Beyrich[89]) die Grenzen des Oligocäns auch im übrigen Europa zu bestimmen. Nachdem durch Deshayes, Hébert und Sandberger gezeigt worden war, daß die Faunen des Sandes von Fontainebleau, Jeurre und Etampes, sowie des Meeressandes von Alzey mit dem oberen Theil des Tongrien und dem Rupelien Belgiens übereinstimmen und Lyell auch einen Theil der oberen Tertiärbildungen Englands hierher gestellt hatte, so erhielt man eine faunistisch wohl begründete Abtheilung zwischen dem Eocän und Miocän, welche von verschiedenen Autoren bald der älteren, bald der jüngeren Gruppe des Tertiärs zugewiesen wurde. Beyrich zieht die Grenze seines Oligocäns an der Basis der Tongrischen Stufe und stellt darum den Pariser Gyps, den Flysch der Alpen und die von Hébert und Renévier beschriebenen oberen Nummulitenbildungen von Gap, Diablerets und anderen Localitäten in den Savoyer Alpen ins untere Oligocän. Auch die fluviomarinen Bildungen der Insel Wight gehören ins untere Oligocän. Für die Sande von Alzey und die darauf folgenden Brakwasser- und Süßwasserbildungen und Braunkohlen gibt es nach Beyrich in Norddeutschland und Belgien keine völlig entsprechenden Aequivalente.

Sie liegen angeblich unter dem Septarien-Thon, welcher das obere Rupelien in Belgien vertritt. Für das Ober-Oligocän in Norddeutschland (Bünde, Crefeld, Sternberg 2c.) existieren weder im mittleren Deutschland, noch in Belgien, Frankreich oder England marine Aequivalente. Es entspricht wahrscheinlich dem Süßwasserkalk der Beauce, welcher von den Franzosen ziemlich allgemein zum unteren Miocän gerechnet wird. Nachdem die Stellung des Septarien-Thons durch Weinkauff im Mainzer Becken (1860) zwischen dem Meeressand von Alzey und dem Cyrenen-Mergel nachgewiesen war, hat Sandberger die Beyrich'sche Gliederung (1863) wesentlich berichtigt, indem er den Cyrenen-Mergel als Aequivalent der Schichten von Bünde, Osnabrück, Sternberg 2c. ins obere Oligocän stellt und das untere Miocän mit dem Cerithien-, Landschneckenkalk und dem Blättersand des Münzenbergs beginnen läßt.

v. Koenen[91]) geht bezüglich der unteren Begrenzung des Oligocäns noch über Beyrich hinaus, indem er darauf hinweist, daß im untersten Theil des Pariser Gyps nach Goubert, Bioche und Fabre Mergellager vorkommen[92]), welche sowohl Arten aus den miocänen mittleren Meeressanden als aus dem Sand von Fontainebleau enthalten. Ja v. Koenen ist sogar geneigt, noch den Süßwasserkalk von St. Ouen zum Oligocän zu ziehen. Er steht dadurch im schroffen Gegensatz zu Edm. Hébert[93]), welcher das untere Oligocän erst über dem Gyps mit dem Calcaire de Brie beginnen läßt und die norddeutsche Braunkohlenformation, sowie die Sande von Westeregeln und Lattdorf für Ober-Eocän erklärt. Hébert weist gleichzeitig darauf hin, daß die Tertiärbildungen in den vicentinischen Voralpen theils dem unteren Miocän oder Oligocän (Sangonini, Castel Gomberto, Monteviale, Montecchio maggiore), theils dem mittleren (Ronca, San Giovanni Illarino), theils dem unteren Eocän (Monte Bolca, Priabona, Brendola) angehören. Spätere Untersuchungen von Ed. Sueß (1868), Munier-Chalmas und Hébert (1877, 1878) selbst haben freilich mancherlei Veränderungen dieses ersten Gliederungsversuches herbeigeführt und namentlich den Schichten von Priabona, Brendola und Crosara eine höhere Stelle über den Schichten von Ronca als Aequivalente des Pariser Gyps verschafft. Mit der Fauna der vicentinischen Tertiärbildungen haben sich in neuerer Zeit Schauroth, Zigno, Fuchs (Mollusken), Reuß (Korallen), Lioy (Reptilien), Nicolis, Oppenheim, Vinassa-da-Regny u. A. beschäftigt. Die Ver-

steinerungen des norddeutschen Oligocän sind jetzt in erschöpfender Weise von E. Beyrich[93], Speyer[94], Giebel[95], Zaddach, Jentsch, Nötling, Credner und v. Koenen[96]), die oberoligocänen Sternberger Gesteine von Koch und Wiechmann, die Sande von Osnabrück und Bünde von Lienenklaus bearbeitet. Die Flora der unteroligocänen Braunkohlen der Provinz Sachsen wurde von Friedrich (1883), jene von Ostpreußen von Goeppert, Menge und Conwentz beschrieben. Ueber die miocänen Bildungen Norddeutschlands und deren Fauna haben v. Koenen, Gottsche und E. Geinitz Licht verbreitet.

Das Tertiärbecken der schwäbisch-bayerischen Hochebene und des angrenzenden Randes des Jura und der Alpen steht einerseits mit dem österreichischen, anderseits mit den nordschweizerischen Tertiärbildungen in Zusammenhang und wurde erst richtig beurtheilt, als in den Nachbarländern die Kenntniß der fraglichen Ablagerungen schon ziemlich weit vorgeschritten war. Die Monographie der Molasse von B. Studer (1825) enthält eine für die damalige Zeit bewunderungswürdig genaue Beschreibung der verschiedenen tertiären Bildungen der Schweiz nach ihrer petrographischen Beschaffenheit, ihrer Verbreitung und Lagerung, wenn auch eine präcise Altersbestimmung der einzelnen Glieder wegen Mangels an Vergleichspunkten nicht erwartet werden konnte. Die Beobachtungen des Berner Geologen wurden durch Escher von der Linth[97]), Al. Braun und Osw. Heer wesentlich vervollständigt, so daß Studer 1853 im zweiten Band seines grundlegenden Werkes „Geologie der Schweiz" eine nahezu erschöpfende Darstellung der schweizerischen Tertiärbildungen zu liefern im Stande war. Aus der Zusammensetzung und den Lagerungsverhältnissen der bunten Nagelflue schließt Studer, daß das Material dieses Gesteins und der Molasse von einer in die Tiefe gesunkenen nördlichen alpinen Randkette geliefert wurde, welche bei der späteren Aufrichtung und Zusammenfaltung der Alpen von der nach Norden überschobenen Kalkzone bedeckt wurde. Studer unterscheidet eine jurassische und eine subalpine Molassenzone. Erstere ist auf den nordwestlichen und nördlichen Jura beschränkt und besteht aus einer unteren marinen Abtheilung mit Versteinerungen, die denen des Mainzer Beckens entsprechen und aus jüngeren miocänen Süßwasserkalken und Mergeln, deren Säugethierreste durch H. v. Meyer bestimmt wurden. Es bildet diese Zone offenbar eine Fortsetzung des oberrheinischen Tertiärbeckens

und stimmt in der Zusammensetzung und Gliederung mit diesem überein. In der subalpinen Zone des Mittellandes beginnt das Tertiär mit unteren Süßwasserbildungen, die sich im Südwesten nach dem Rhonethal fortsetzen, aus rothen Mergeln und Molasse mit Braunkohleneinlagerungen bestehen und eine reiche, von Unger und Osw. Heer bearbeitete Flora enthalten. Aus den reichhaltigen Listen von Versteinerungen ergibt sich, daß Studer in dieser Gruppe Bildungen verschiedenen Alters zusammengefaßt hat, die später noch weiter gegliedert wurden. Marine Molasse, Muschelsandstein und Nagelflue von mannigfaltiger Beschaffenheit bilden das zweite Glied der subalpinen Zone, dessen marine Fauna nach Studer einen miocänen Charakter aufweist, jedoch in vielfacher Hinsicht auch schon an das italienische Pliocän erinnert. Zur dritten oberen Süßwasser-Molasse gehören sandige, mergelige und kalkige Bildungen, unter denen die berühmte Localität Oeningen schon im vorigen Jahrhundert von Scheuchzer, später von Karg und Bruckmann beschrieben wurde und Veranlassung zu paläontologischen Monographieen von Murchison, Al. Braun (Pflanzen), Osw. Heer (Pflanzen und Insecten) und H. v. Meyer (Wirbelthiere) geboten hat. Die Bestimmungen der Mollusken im Studer'schen Werk rühren großentheils von K. Mayer her. Dieser noch jetzt thätige Forscher hat sich nicht nur um die Stratigraphie der schweizerischen, sondern der Tertiärbildungen im allgemeinen große Verdienste erworben und die Resultate seiner eingehenden Untersuchungen und Aufsammlungen von Versteinerungen von Zeit zu Zeit in der Form von autographierten synchronistischen Tabellen veröffentlicht. Die erste dieser Tabellen vom Jahre 1857 gliedert das Tertiär in elf Stufen, wovon fünf dem Eocän angehören (Garumnien, Suessonien, Londinien, Parisien und Bartonien). Die Ligurische Stufe (Ligurien) enthält den Flysch, die oberen Nummulitenbildungen von Sangonini, Biarritz, den Gyps des Montmartre rc. Dem Oligocän entsprechen die Stufen Tongrien und Aquitanien; dem Miocän das Helvetien und Tortonien, dem Pliocän das Astien. Später wurde zwischen das Aquitanien und Helvetien noch ein Langhien für die Faluns von Leognan, Saucats und über dem Tortonien noch ein Messinien eingeschaltet. Im Jahre 1888 zerlegt Mayer-Eymar seine Stufen noch in 26 Unterstufen, die alle nach typischen Localitäten benannt sind. Einige der Mayer'schen Stufenbezeichnungen fanden ziemlich allgemeinen Eingang

in die Literatur; die synchronistischen Zusammenstellungen wirkten, wenn sie anfänglich auch mancherlei Irrthümer enthielten, anregend und fördernd. Neben K. Mayer verdankt man Osw. Heer, A. Favre, Renevier und in neuerer Zeit Gutzwiller, Kauffmann, Greppin und Rollier Beiträge zur stratigraphischen und paläontologischen Kenntniß der schweizerischen Tertiärgebilde. Im benachbarten Baden und Württemberg wurden die Tertiärbildungen am Südrand des Jura von Mandelslohe, Hehl, v. Zieten, v. Klein, Miller und Schill, jene in der schwäbischen Hochebene vornehmlich von Quenstedt und Probst studiert.

Ueber die dem Flysch und den Nummulitengesteinen aufruhenden jüngeren Tertiärbildungen am Nordfuß der bayerischen Alpen enthalten die Schriften von Flurl, Weiß, Sedgwick und Murchison, Schafhäutl und Emmrich mancherlei Angaben, aber erst im Jahre 1853 erkannte Sandberger in den kohlenführenden Bildungen von Miesbach, Penzberg und Peißenberg ein Aequivalent der oligocänen Cyrenenmergel und in den darunter liegenden marinen Schichten die Fauna von Weinheim. Gümbel hat diese Bildungen (1861) in seiner Beschreibung des bayerischen Alpengebirges vortrefflich geschildert und ihren Reichthum an Versteinerungen bekannt gemacht. Eine neue Monographie über die Fauna der südbayerischen Oligocän-Molasse von H. Wolff[98]) stellt in Uebereinstimmung mit K. Mayer und Th. Fuchs sämmtliche marine und brakische Oligocänbildungen Oberbayerns ins Oberoligocän. Ueber die jüngeren Tertiärbildungen in der schwäbisch-bayerischen Hochebene, welche dem Helvetien Mayer's oder der ersten Mediterranstufe von Fuchs, dem Schlier und der sarmatischen Stufe im Alter gleichstehen, geben die eingehenden Untersuchungen von Emmrich, Escher, Studer, Gümbel, Egger und v. Ammon befriedigenden Aufschluß.

Aus den bisherigen Erörterungen ergibt sich, daß die Stratigraphie des Tertiärs, nachdem einmal das Princip für die Altersbestimmung der einzelnen Glieder gefunden war, ohne große Schwierigkeiten für die Hauptgruppen durchgeführt werden konnte. Sehr langsam dagegen entwickelte sich die Feststellung einer allgemein gültigen Stufengliederung und bei der außerordentlichen Verschiedenheit der Faciesentwickelung der einzelnen Abtheilungen in den verschiedenen, wenn auch zum Theil sehr nahe gelegenen und mit einander communicierenden Becken, mußte schließlich jeder Versuch einer einheit-

lichen Zonengliederung scheitern. Jedes Becken hat seine eigene Geschichte durchgemacht, welche sich in seinen verschiedenartigen Ablagerungen und Versteinerungen wiederspiegelt; Ueberfluthungen durch den Ozean wechselten mit Festlandperioden und während in einem Becken sich marine Absätze am Grund der Gewässer anhäuften, entstanden im Nachbargebiet limnische oder fluviatile Ablagerungen, oder es trat eine Unterbrechung in der Sedimentbildung ein. Mit zunehmender Detailkenntniß der Tertiärbildungen in den verschiedenen Theilen Europas ist die Stratigraphie immer verwickelter und mannigfaltiger geworden und es bleibt gegenwärtig zur Orientierung in einem noch weniger genau untersuchten Gebiet eigentlich nur der Vergleich der Versteinerungen, namentlich der Mollusken und Säugethiere mit den Formen der Jetztzeit übrig, um sich über das ungefähre Alter der verschiedenen Schichtenreihen zu orientieren. Die neueren Forschungen in Ungarn, den Balkanländern, Griechenland, Rumänien, Rußland und in den außereuropäischen Welttheilen haben zwar allenthalben zur Wiedererkennung der großen Abtheilungen (Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän) geführt, allein schon in Nord- und Südamerika stößt man bei der Abgrenzung dieser Hauptgruppen auf mancherlei Hindernisse und auf eine Uebertragung der europäischen Specialgliederung muß von vorneherein verzichtet werden. Eine Schilderung der allmählich fortschreitenden Kenntniß der Tertiärbildungen außerhalb Centraleuropas würde den diesem Werk gesteckten Rahmen weit überschreiten und muß der specielleren Formationslehre überlassen bleiben.

k) Diluvium.

Während die Anfänge der noch heute gültigen Gliederung der Tertiärbildungen bis in die ersten Dezennien dieses Jahrhunderts zurückreichen, blieb die genauere Erforschung des jüngsten geologischen Systems den letzten drei Dezennien vorbehalten. Buckland bezeichnete 1823 die zwischen den tertiären und noch jetzt im Entstehen begriffenen Bildungen befindlichen Ablagerungen, die er für Produkte einer universellen Sintfluth hielt, mit dem Namen Diluvium, im Gegensatz zum Alluvium, womit alle modernen Gebilde zusammengefaßt wurden. Lyell hat 1839 für das Buckland'sche Diluvium den Namen Pleistocän, Morlot 1854 die Bezeichnung Quaternär (von Bronn in Quartär verbessert) in Vorschlag gebracht. Die verschiedenartige Beschaffenheit der hierher gehörigen Bildungen (Kies,

Sand, Lehm, Löß, Knochenbreccien; Blockanhäufungen, erratische Blöcke, Moränen) und der häufige Mangel an organischen Ueberresten erschwerte eine genauere Altersbestimmung der verschiedenartigen Glieder dieses Systems außerordentlich und bis vor ca. 30 Jahren begnügte man sich meistens das ganze Diluvium als eine einheitliche untheilbare Formation darzustellen. Für die Abgrenzung gegen das Alluvium galt Buckland das Erscheinen des Menschen als maßgebend, allein die prähistorischen Forschungen haben seit der Mitte dieses Jahrhunderts gezeigt, daß der Mensch in Europa noch Zeitgenosse ausgestorbener Landsäugethiere war und im ächten Diluvium Spuren seines Daseins hinterlassen hat. Das Studium der diluvialen Säugethiere hatte Lartet (1863) zur Aufstellung von drei Perioden veranlaßt, wovon die älteste durch das Vorherrschen von Elephas antiquus, Rhinoceros Mercki u. A., die mittlere durch Mammuth, Rhinoceros tichorhinus, Ursus spelaeus, Bison priscus und die dritte durch das Vorkommen von noch jetzt in höheren Breiten lebenden Formen wie Rennthier, Moschusochse, Lemming, Eisfuchs u. s. w. charakterisiert ist. Mit der Begründung der Glacialtheorie durch Venetz, Charpentier und Agassiz (1829 bis 1840) beginnt für die Diluvialforschung eine neue Periode, indem jetzt nicht nur Anhaltspunkte gewonnen waren, um die verschiedenen Gebilde nach ihrer Entstehung zu erkennen und zu trennen, sondern auch nach ihrem Alter als präglacial, interglacial und postglacial zu classificieren. In der Schweiz, Schottland und Wales wurden, wie schon früher (S. 341 f.) ausführlich gezeigt ist, die ersten Diluvialstudien unter diesem Gesichtspunkt ausgeführt; aber erst als es Otto Torell (1875) gelang, die Herrschaft der Drifttheorie zu brechen, begann auch in Norddeutschland eine ungemein rührige Thätigkeit auf dem Gebiete der Diluvialforschung, die ihren Ausdruck in den neueren geologischen Karten findet, auf denen statt einer gleichmäßigen Farbe eine ganze Anzahl von Tönen die mannigfaltigen und im Alter verschiedenen Gebilde des Diluviums veranschaulichen.

Die Auffindung von Gletscherschliffen auf dem Rüdersdorfer Muschelkalk hatte O. Torell zuerst auf die Idee eines über die norddeutsche Ebene ausgedehnten Inlandeises gebracht. Den Bemühungen deutscher Geologen ist es gelungen, an einer größeren Anzahl von Orten des norddeutschen Flachlands und namentlich in Sachsen ähnliche Kritzen und Schliffe auf dem Untergrunde des

Diluviums nachzuweisen. Auch die Geschiebemergel wurden nunmehr im Licht der Glacialtheorie in Bezug auf ihre Struktur und Zusammensetzung einer sorgfältigen Prüfung unterworfen; ihre Uebereinstimmung mit den Grundmoränen der heutigen Gletscher festgestellt und auf die Bedeutung der in ihnen enthaltenen gekritzten einheimischen und nordischen Geschiebe, sowie auf ihre Transportrichtung aufmerksam gemacht. Als weitere durch den Druck des vorrückenden Inlandeises hervorgerufene Erscheinungen beobachtete man die Localmoränen und die Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebemergels, die sich bei plastischen Bildungen als Faltungen und Stauchungen zu erkennen gaben.

Die Wirkungen der erodierenden Thätigkeit der glacialen Schmelzwasser fand man in den Strudellöchern oder Riesentöpfen, in den kreisförmigen Strudelseen, sowie in den langen parallelen Rinnensystemen, die ungefähr senkrecht zur Lage des ehemaligen Eisrandes die diluvialen Hochflächen durchziehen.

„Während die Forschungen im norddeutschen Flachlande auf der einen Seite darauf gerichtet waren, die historische Gliederung der Glacialablagerungen mit Hülfe der fossilienführenden Schichten festzustellen, erstreckten sie sich im letzten Jahrzehnt auch namentlich auf die genaue Untersuchung der Aufschüttungsformen des Inlandeises und auf die glaciale Hydrographie unseres Gebietes. Eines der wesentlichsten Resultate war der Nachweis der großen Endmoränenzüge, deren Verlauf durch ganz Norddeutschland von der Nordgrenze Schleswig-Holsteins bis nach West- und Ostpreußen hinein, sowie auch in den südlich gelegenen Provinzen Posen und Schlesien festgelegt worden ist. Der Umstand, daß die Grundmoräne der letzten Vereisung in gleicher Ausbildung sowohl vor als hinter diesen Endmoränenzügen sich findet, führte zu der Erkenntniß, daß sie Etapen des Rückzuges der letzten Inlandeisbedeckung bezeichnen und als Producte von Stillstandsperioden angesehen werden müssen. Erst das genaue Studium dieser Endmoränenzüge und der damit in engstem Zusammenhang stehenden Erscheinungen führte zu einer Unterscheidung und Erklärung der verschiedenen theils durch Aufschüttung, theils durch Erosion entstandenen glacialen Landschaftsformen und zur Aufstellung der verschiedenen Seentypen.

Die glaciale Hydrographie des norddeutschen Flachlandes hat in letzter Zeit dadurch, daß man die großen alten Thalzüge mit den

Endmoränen des Inlandeises in Beziehung brachte, eine ganz neue Beleuchtung erfahren. Nun erst ist es möglich geworden, die successive Entstehung der großen ost-westlichen Hauptthäler von Süd nach Nord und die durch die Terrassen erkennbaren mehrfachen Niveauschwankungen ihrer Wasserführung zu erklären. Indem das Eis in der letzten Abschmelzperiode bis zu einer nördlicheren Stillstandslage sich zurückzog, wurden jedes Mal dem Abzuge der bisher durch den Eisrand gestauten Wasser neue Wege eröffnet.“ [99])

Es ist nicht möglich ohne Eingehen in Einzelheiten die wichtigen Ergebnisse der modernen Diluvialforschung darzustellen. Vieles würde auch nur eine Wiederholung des bereits in einem früheren Abschnitt (vgl. S. 341—345) Gesagten bilden. Verschiedene Fragen, wie die über die Entstehung des Löß, über die Anzahl der Eiszeiten, über die Ausdehnung und Verbreitung glacialer Bildung und über das Alter und die Bedeutung der verschiedenen Schotter, Sand- und Lehmbildungen befinden sich augenblicklich im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Discussion und eignen sich darum vorerst noch nicht für eine historische Darstellung. Die jüngste unter den geologischen Formationen ist, wie man sieht, zuletzt in ihrer Bedeutung erkannt worden und ihre allmählich fortschreitende Kenntniß bildet mit die jüngste Phase in der Geschichte der stratigraphischen Geologie. Durch die Frage nach dem Alter des Menschengeschlechts und der den diluvialen Menschen umgebenden Pflanzen- und Thierwelt tritt die Geologie in engste Beziehung zur Anthropologie und zur menschlichen Urgeschichte und auch an der Lösung dieser Aufgabe haben sich die Geologen in den vier letzten Dezennien in hervorragender Weise betheiligt.

Anmerkungen zum 5. Kapitel der 4. Periode.

Abschnitt B g bis k.

[1]) Young and Bird. A geological Survey of the Yorkshire Coast. Whitby 1822.

[2]) Phillips John. Illustrations of the Geology of Yorkshire. York 1829. Bd. I. 2. Aufl. 1835. 3. Aufl. 1875.

[3]) Fitton William. Observations on some of the Strata between the Chalk and the Oxford Oolite, in the South Coast of England. Gelesen Juni 1827, veröffentlicht in Geolog. Trans. 2d ser. vol. IV. 1836.

[4]) de la Beche. Geolog. Transactions 1822. 2d ser. vol. I.

[5]) Rozet. Description géognostique du Bassin du Bas Boulonnais. Paris 1828 und Mém. Soc. d'hist. nat. Paris 1827. vol. III.

[6]) de Caumont. Essai sur la topographie géognostique du département du Calvados. 1828.

[7]) de Caumont. Mémoire géologique sur quelques terrains de la Normandie occidentale. Mém. Soc. Linn. de Normandie 1825. vol. II.

[8]) Rengger A. Ueber den Umfang der Juraformation, ihre Verbreitung in den Alpen als Einleitung einer Beschreibung des Aargauischen Juragebirges. Abhandlungen der schweiz. naturf. Gesellschaft 1829. Bd. I.

[9]) Thirria E. Sur le Terrain jurassique du Départ. de la Haute Saône. Mém. Soc. Hist. natur. Strasbourg 1830. vol. I.

[10]) Thurmann Jules. Essai sur les soulèvements jurassiques de Porrentruy. I. Mém. Soc. d'hist. nat. Strasbourg 1832. vol. I—II mit Karte und Profilen. Porrentruy 1836.

[11]) Mandelslohe Frédéric Comte de. Mémoire sur la constitution géologique de l'Albe du Wurtemberg. Mém. Soc. d'hist. nat. Strasbourg 1836. vol. II.

[12]) Zieten v. Württembergs Versteinerungen. Stuttgart 1830.

[13]) Fromherz. Die Juraformation des Breisgau. Freiburg 1838.

[14]) Hoffmann Fr. Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse vom nordwestlichen Deutschland. Leipzig 1830.

[15]) Roemer Fr. Ad. Die Versteinerungen des norddeutschen Oolithen-Gebirges. Hannover 1836. Nachtrag 1839.

[16]) Koch und Dunker. Beiträge zur Kenntniß des norddeutschen Oolithgebirges und dessen Versteinerungen. Braunschweig 1837.

[17]) Gressly A. Observations géologiques sur le Jura Soleurois. Nouv. Mém. Soc. helvét. des Sc. nat. 1838—1840 u. 1841. Tom. II, IV u. V.

[18]) Bulletin Soc. Géol. de Fr. 1840. vol. XII. S. 66.

[19]) v. Buch Leop. Ueber den Jura in Deutschland. Abhandlung, gelesen im Februar 1837 und veröffentlicht 1839 in den Abhandlungen der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

[20]) Quenstedt Friedr. Aug. Das Flözgebirge Württembergs. Tübingen 1843 u. 1851.

[21]) Quenstedt Friedr. Aug. Petrefaktenkunde Deutschlands. Bd. I. Cephalopoden. Tübingen 1845—1849. Weitere Bände über Brachiopoden, Gasteropoden, Echiniden, Asteriden, Encriniden, Cystoideen, Blastoiden, Röhren- und Sternkorallen und Schwämme mit zahlreichen Tafeln erschienen in den folgenden Dezennien.

[22]) Der schwäbische Jura nach dem Flözgebirge Württembergs, unter Leitung von Prof. Quenstedt dargestellt von W. Pfizenmayer. Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1853. Taf. XVI (ohne Text).

[23]) Quenstedt Fr. A. Der Jura. Tübingen 1858 mit 3 Uebersichtstafeln u. Atlas von 100 Tafeln.

[24]) d'Orbigny Alcide. Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphique. Paris 1849—1852. — Prodrome de Paléontologie

stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés. 3 Bände. Paris 1850—1852.

[25]) Neues Jahrb. für Mineralogie 1846. S. 293.

[26]) ibid. 1850. S. 139.

[27]) Oppel Alb. Der mittlere Lias Schwabens. Jahreshefte d. Ver. für vaterl. Naturkunde in Württemberg. Stuttgart 1854. Bd. X.

[28]) Oppel Alb. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands nach ihren einzelnen Gliedern eingetheilt und verglichen. ibid. Stuttgart 1856—1858. XII–XIV.

[29]) Marcou Jules. Recherches sur le Jura Salinois. Mém. Soc. géol. de France 1848. 2ème sér. tome III.

[30]) Marcou Jules. Lettres sur les Roches du Jura et leur distribution géographique dans les deux hemisphères. Paris 1857—1860.

[31]) Waagen W. Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz, verglichen nach seinen paläontologischen Horizonten. München 1864.

[32]) Thurmann J. et Etallon A. Lethaea Bruntrutana ou Études paléontologiques et stratigraphiques sur le Jura Bernois. Denkschriften der Schweiz. naturf. Gesellschaft 1861—1864.

[33]) Oppel Alb. Die tithonische Stufe. Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1865.

[34]) Hohenegger. Die geognostischen Verhältnisse der Nordkarpathen. 1861.

[35]) Sueß Ed. Die Brachiopoden der Stramberger Schichten 1858. 1859.

[36]) Paläontologische Mittheilungen aus dem Museum des bayerischen Staates. Bd. II. 1868—1897.

[37]) Neumayr M. Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschr. d. Wiener Akademie 1885. Bd. L.

[38]) Mantell Gideon. The fossils of the South Downs or Illustrations of the Geology of Sussex. London 1822.

[39]) Fitton W. H. Observations on some of the Strata between the Chalk and the Oxfordclay (gelesen 1827). Geol. Transactions. 2 ser. IV. 1836.

[40]) Hoffmann Friedr. Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse des nordwestlichen Deutschlands. II. Leipzig 1830.

[41]) Dujardin Felix. Mémoires Société géolog. de France 1837. tome II.

[42]) d'Archiac. Mémoire sur la formation crétacée du Sud-ouest de la France. ibid. 1837. tome II.

[43]) d'Archiac. Études sur la formation crétacé des versants Sud-Ouest, Nord et Nord-Ouest du plateau central de la France ibid. 1846. Deuxième sér. tome II.

[44]) Matheron Phil. Report. des travaux de la Société statist. de Marseille. 1839. — Catalogue méthodique et descriptif des corps organisés fossiles etc. Marseille 1842.

[45]) Karsten's Archiv für Mineralogie 1839.

[46]) Cornuel J. Mémoire sur le terrain crétacé inférieur et suprajurassique de l'Arrondissement de Vassy (Haute Marne). Mém. Soc. geol. de Fr. 1841. tome IV.

[47]) Leymerie A. Mémoire sur les terrains crétacés du Département de l'Aube. Mém. Soc. géol. de France 1841. tome IV u. tome V (1842).

[48]) d'Archiac. Description géologique du Département de l'Aisne. Mém. Soc. géol. de Fr. (gelesen 1840). tome V. 1843.

[49]) d'Archiac. Observations sur le groupe moyen de la Formation crétacée. Mém. Soc. géol. France 1839. tome III.

[50]) Annales des Sciences géologiques 1843. vol. II.

[51]) Roemer Fr. Ad. Die Versteinerungen des Norddeutschen Oolithen-Gebirges. Hannover 1836.

[52]) Roemer Fr. Ad. Desgl. Nachtrag. 1839.

[53]) Geinitz Hans Bruno. Charakteristik der Schichten und Petrefakten des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges. Dresden und Leipzig 1839—1842.

[54]) Quarterly Journal geological Society of London 1847. S. 289.

[55]) Geinitz H. B. Das Quadersandsteingebirge oder Kreidegebirge in Deutschland. Freiberg 1849.

[56]) Beyrich E. Zeitschrift der deutschen geolog. Ges. 1849. I. S. 288.

[57]) ibid. 1849. I. S. 419 u. 1850. II. S. 103.

[58]) ibid. 1851. S. 567.

[59]) Ewald J. Ueber die Grenze zwischen Neocom und Gault. ibid. 1850. S. 440.

[60]) v. Buch Leop. Betrachtungen über die Verbreitung und die Grenze der Kreide-Bildungen. Verhandl. d. naturhist. Ver. für Rheinland u. Westfalen. 1849. S. 211—242.

[61]) Gümbel C. W. Beiträge zur Kenntniß der Procän- oder Kreide-Formation im nordwestlichen Böhmen in Vergleichung mit den gleichalterigen Ablagerungen in Bayern u. Sachsen. Abhandl. d. bayer. Akad. II. Cl. 1868. Bd. X. 2.

[62]) Geinitz H. Br. Das Elbthal-Gebirge in Sachsen. Palaeontographica. Bd. XX. 1871—1875.

[63]) d'Archiac. Histoire des Progrès de la Géologie. vol. IV und V. 1853.

[64]) Coquand H. Description physique, géologique, paléontologique et minéralogique du département de la Charente. 2 Bände. Besançon 1858 u. Marseille 1860, mit 4 Karten. — Bull. Soc. géol. de France 1856. 2 ser. t. XIV. p. 55 u. 882.

[65]) Hébert Edm. Classification du terrain crétacé supérieur. Bull. Soc. géol. 1875. 3 sér. t. III. p. 595.

[66]) Brocchi G. Conchiologia fossile subapennina. Milano 1814. 2 Bände.

[67]) Lamarck. Mémoire sur les fossiles des environs de Paris. 1818—1822.

[68]) Deshayes P. Description des coquilles fossiles des environs de Paris. Paris 1824. 2 Bände. (Zweite Auflage Description des animaux sans vertèbres du Bassin de Paris. 3 Bände mit Atlas. 1860—1866.)

[69]) Brongniart Al. Mémoire sur les terrains de sédiments calcaréo-trappéens du Vicentin. Paris 1823.

[70]) d'Archiac. Histoire des Progrès de la Géologie. tome III. Formation nummulitique 1850.

[71]) d'Archiac. Monographie des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde, précédé d'une Monographie des Nummulites par d'Archiac et J. Haime. Paris 1853.

[72]) Schafhäutl E. Südbayerns Lethaea geognostica. Der Kressenberg und die südlich von ihm gelegenen Hochalpen. Leipzig 1863.

[73]) Neues Jahrbuch für Mineralogie ꝛc. 1865. S. 129.

[74]) Galeotti. Mémoire sur la constitution géognostique du Brabant méridional. Mém. Acad. roy. Belgique 1837. vol. XII.

[75]) Dumont A. Rapports sur les travaux de la carte géologique. Bull. Acad. roy. Belgique 1836—1841. vol. III—VIII u. 1848. 1849. vol. XV. XVI. — Sur la constitution géologique des terrains tertiaires d'Angleterre comparés à ceux de la Belgique. ibid. 1852. vol. XIX.

[76]) Lyell Ch. On the tertiary strata of Belgium etc. Quart. journ. geol. Soc. 1852. VIII. S. 277.

[77]) Bulletin. Soc. géol. de France 1838. vol. IX. S. 329.

[78]) Philippi R. A. Enumeratio molluscorum Siciliae cum viventium tum in tellure tertiaria fossilium. 2 vol. mit 28 Tafeln. Halle und Berlin 1846.

[79]) Agassiz L. Iconographie des Coquilles tertiaires reputées identiques avec les espèces vivantes etc. Nouv. Mém. Soc. helvet. des Sc. vol. VII. 1845.

[80]) d'Orbigny Alcide. Cours élém. de Paléontologie et de Géologie stratigr. vol. II. 1852.

[81]) Sueß Ed. Untersuchungen über den Charakter der österr. Tertiärablagerungen. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissenschaften 1866. I. II.

[82]) Neues Jahrbuch 1837. S. 153.

[83]) Sandberger Fridolin. Uebersicht d. geolog. Verhältnisse d. Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1847.

[84]) Sandberger Fridolin. Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken. Wiesbaden 1853.

[85]) Philippi R. A. Beiträge zur Kenntniß der Tertiärversteinerungen des nordwestlichen Deutschlands. Cassel 1843.

[86]) Beyrich E. Beitrag zur Kenntniß des tertiären Bodens der Mark Brandenburg. Karsten's Archiv 1847. Bd. XXII. S. 3.

[87]) Beyrich E. Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellschaft 1853. Bd. V.

[88]) Beyrich E. Abhandlungen der Berliner Akademie 1855. S. 1.

[89]) Beyrich E. Monatsberichte der Berliner Akademie 1858. S. 51.

[90]) Koenen A. v. Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellschaft 1867. S. 23.

[91]) Bulletin Soc. géol. France 1866. t. XXIII. S. 368.

[92]) ibid. 1865. t. XXXIII. S. 126.

[93]) Beyrich E. Die Conchylien des norddeutschen Tertiär. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1853—1857.

[94]) Speyer Oscar. Die Conchylien der Casseler Tertiärbildungen. Palaeontographica IX. 1862 und Abhandlungen der preuß. geolog. Landesanstalt 1884. — Die Tertiärfauna von Söllingen bei Jerxheim. ibid. IX. 1864.

[95]) Giebel C. Die Fauna der Braunkohlenformation von Latdorf bei Bernburg. Halle 1864.

[96]) v. Koenen A. Das marine Mitteloligocän Norddeutschlands. Palaeontographica XVI. 1867 u. 1868. — Das norddeutsche Unteroligocän und seine Molluskenfauna. Abhandlungen der preuß. geolog. Landesanstalt 1889 bis 1894.

[97]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1846. S. 635. 1848. S. 347.

[98]) Palaeontographica. Bd. XLIII. 1897.

[99]) Wahnschaffe. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1898. Bd. L. Verhandlungen S. 59.

6. Kapitel.

Gesteinskunde (Petrographie).

Beim Studium des Materials, welches unsere Erdkruste zusammensetzt, waren von jeher zwei Gesichtspunkte maßgebend: 1. die Untersuchung der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung, der Structur und des Vorkommens und 2. die der Entstehung der verschiedenen Gesteine. Die Systematik und Morphologie der Gebirgsarten wurde vorzugsweise von mineralogischer, die Genesis derselben mehr von geologischer und chemischer Seite ausgebildet. Der Gegensatz zwischen eruptiven Massengesteinen und geschichteten Sedimentärgesteinen machte sich in der petrographischen Literatur von Anfang an geltend und reicht bis in die Gegenwart hinein.

Hatte Werner für die petrographische Systematik eine unvergängliche Grundlage geschaffen, so blieb er doch durch seinen einseitigen Neptunismus auf petrogenetischem Gebiet weit hinter Hutton zurück, welcher bereits plutonische, vulkanische und sedimentäre Gesteine unterschieden und auch deren Entstehungsweise im großen Ganzen richtig erkannt hatte.

Auf Werner's Schultern stehen die systematischen Arbeiten über Gesteine bis in die Mitte dieses Jahrhunderts. Seine Eintheilung in einfache und gemengte Gesteine kehrt in den meisten späteren Classificationsversuchen wieder und auch sein Grundsatz, die gemengten Gesteine nach ihren wesentlichen und accessorischen Bestandtheilen zu bestimmen, hat sich bis auf den heutigen Tag bewährt. Al. Brongniart hatte bereits 1813 in seiner Tabelle der gemengten Gesteine auf die Strukturverhältnisse großes Gewicht gelegt und danach drei Hauptclassen unterschieden: 1. die isomeren (körnigen) Felsarten, bei denen

sich die einzelnen Bestandtheile lediglich durch krystallinische Aggregation verbinden und bei denen eine vorherrschende Basis oder ein Cement fehlt, 2. die anisomeren Felsarten, bei denen die wesentlichen Mineralbestandtheile in einer Basis oder einem Cement eingebettet liegen, und 3. die Aggregatgesteine, welche auf mechanischem Wege entstehen und deren Bestandtheile in einem später gebildeten Bindemittel liegen. Zur ersten Classe rechnet Al. Brongniart Granit, Protogin, Pegmatit, Mimose, Syenit, Diabas, Grünstein (Hemithren); zur zweiten Greisen, Gneiß, Glimmerschiefer, Phyllade (Thonschiefer), Kalkschiefer, Talkschiefer, Serpentin (Ophiolit), Cipolin, Ophicalcit, Calciphyr; Variolit, Wacke, Amphibolit, Trapp, Melaphyr; Porphyr, Ophit, Amygdaloid (Mandelstein), Euphotid; Eurit (Klingstein), Leptinit (Hornfels), Trachyt; Thonargilophyr (Thonporphyr), Domit; Pechstein, Obsidian; Lava. Zu den Aggregatgesteinen gehören die Psammite (Sandstein, Grauwacke, Mimophyr), die Psephite, Puddingsteine und Breccien. In einer späteren Publication[2]) hat Al. Brongniart seine Eintheilung specieller begründet und durch Zufügung der einfachen Gesteine ergänzt. Brongniart, sowie seine Vorgänger Hauy und Cordier berücksichtigten ausschließlich die mineralogische Zusammensetzung und Struktur der Gesteine ohne Rücksicht auf ihr geognostisches Vorkommen, ihre Lagerung, ihr Alter oder ihre Entstehung. So vortheilhaft sich dieses Princip für die Ausbildung der systematischen Gesteinslehre erwies, so lag doch die Gefahr einer Entfremdung von der Geologie und von der Beobachtung in der Natur nahe, und in dieser Hinsicht bedeutet die von den französischen Petrographen angebahnte Richtung im Vergleich zur Werner'schen Schule einen Rückschritt. Das beste und vollständigste Werk über Gesteinskunde[3]) aus den zwanziger Jahren schrieb C. C. v Leonhard.*) Auch in dieser Charakteristik der Felsarten ist der mineralogische Standpunkt fast ausschließlich betont, wenn auch die Werner'sche Tradition den Autor vielfach zu Excursen über das geognostische Vorkommen und die Genesis der Gesteine veranlaßt. v. Leonhard unterscheidet vier Ab-

---

*) Leonhard Carl Cäsar v., geboren 1779 zu Rumpenheim bei Hanau, studierte in Marburg und Göttingen Cameralia, trat 1800 in hessische Staatsdienste war 1810 kurhessischer Kammerrath und später Domänendirector; folgte 1816 einem Ruf an die Akademie nach München, übernahm aber schon 1818 die Professur für Mineralogie und Geognosie an der Universität Heidelberg, woselbst er am 23. Januar 1862 starb.

theilungen von Gesteinen: 1. ungleichartige, 2. gleichartige, 3. Trümmer- und 4. lose Gesteine. Die ungleichartigen zerfallen nach ihrer Structur in körnige, schieferige und porphyrische. Bei den gleichartigen werden von den aus einer Mineralgattung bestehenden einfachen Felsarten, welche wieder in körnige, schieferige und dichte abgetheilt werden, die „scheinbar gleichartigen, nicht als Glieder oryktognostischer Gattungen zu betrachtenden Gesteine“ unterschieden und diese wieder nach der Struktur in dichte, schieferige, porphyrische, glasartige und schlackenartige zerlegt. Die ganze Unterscheidung ist makroskopisch und darum auch die Gruppe der „scheinbar gleichartigen“ Gesteine durchaus unnatürlich.

Cordier*) hatte, um diese Schwierigkeit zu heben, nach dem Vorgang von Fleuriau de Bellevue und Dolomieu im Jahre 1815 vorgeschlagen[4]), die scheinbar homogenen Felsarten zu pulverisieren, und die durch Schlemmen nach ihrer Schwere getrennten Theilchen theils unter dem Mikroskop, theils mit dem Magnet, theils chemisch zu prüfen; allein dieses Verfahren, welches zwar den Basalt als zusammengesetztes Gestein erkennen ließ, erwies sich wegen der Schwierigkeit, die kleinen Mineralsplitterchen richtig zu bestimmen, nicht als sonderlich entwickelungsfähig und wurde auch nicht weiter verfolgt.

Von epochemachender Bedeutung wurde das Mikroskop in der Hand Ehrenberg's, welcher in der Mitte der dreißiger Jahre die Entdeckung machte, daß eine Anzahl weitverbreiteter, meist weicher Gesteine, wie Polierschiefer, Tripel, Kieselguhr, Kreide, ja sogar gewisse Kalksteine aus älteren Formationen fast vollständig aus Skeleten und Schalen von niederen Organismen (Diatomeen, Polycystinen, Foraminiferen) zusammengesetzt seien.[5]) In der Mikrogeologie[6]) hat Ehrenberg (1854) die Ergebnisse seiner vieljährigen Forschungen über die Zusammensetzung der scheinbar dichten Sedimentgesteine zusammengefaßt und durch eine Fülle von naturwahren Abbildungen illustriert. Obwohl durch die Untersuchungen Ehrenberg's gewissermaßen eine neue Welt im Gebiete der Petrographie erschlossen war, so machte

*) Cordier Pierre Louis Antoine, geboren 1777 in Abbeville, wurde 1797 Bergingenieur, betheiligte sich unter Dolomieu an der ägyptischen Expedition, wurde 1819 als Nachfolger von Faujas de Saint-Fond Professor der Geologie am Pflanzengarten und unter der Restauration Pair von Frankreich; starb 1862.

man von seiner Methode für die harten und namentlich für die krystallinischen Gesteine keinen Gebrauch, weil dünne Splitterchen auch durch Einbetten in Canadabalsam nicht genügend aufgehellt wurden und keine optischen Methoden zur Erkennung der Mineralfragmente vorhanden waren. Auffallender Weise fand auch die Construction des Polarisationsmikroskops durch den Schotten W. Nicol bei den Petrographen ebenso wenig Beachtung wie seine Methode, Dünnschliffe von fossilen Hölzern bei durchfallendem Licht zu untersuchen, obwohl Witham, B. Cotta, Ad. Brongniart, E. Schmidt, Schleiden u. A. durch Anwendung dieses Verfahrens bei der Untersuchung von verkieselten Hölzern, Göppert, Bailey, Bennett, Stewart u. A. für die Ermittelung der Struktur von Kohlen höchst wichtige Resultate erzielt hatten. Dav. Brewster, Humphry Davy und Nicol beschäftigten sich mit den Strukturverhältnissen und Flüssigkeitseinschlüssen von Mineralien unter Anwendung von Dünnschliffen, und Scheerer fand (1845) in durchsichtigen Krystallsplittern bei durchfallendem Licht zahlreiche mikroskopische kleine Fremdkörper und Einschlüsse in scheinbar homogenen Substanzen. Aber all' dies vermochte keinen Eindruck zu machen. Die Petrographie bewegte sich in den alten Geleisen fort und wurde in Deutschland vornehmlich von G. Rose, B. Cotta, C. F. Naumann, G. vom Rath*), F. v. Richthofen, in Frankreich von Delesse**), Durocher und Fournet gepflegt. Eine vortreffliche Darstellung des Zustandes der Gesteinskunde im Jahre 1850 enthält C. F. Naumann's Lehrbuch der Geologie.[7] Statt der bisher üblichen Eintheilungen unterscheidet Naumann krystallinische, klastische, hyaline, porodine, zoogene und phytogene Gesteine, wobei er weniger das morphologische, als das genetische Princip berücksichtigt. Einen ähnlichen Standpunkt vertritt B. v. Cotta in seiner Gesteinslehre[8] (1855).

---

*) Rath Gerhard vom, geboren 1830 zu Duisburg, studierte in Bonn, wurde 1863 zum außerordentlichen, 1872 zum ordentlichen Professor der Mineralogie ernannt; starb 1888 in Koblenz.

**) Delesse Achille, geboren 1817 in Metz, studierte an der polytechnischen Schule in Paris, wurde 1845 Professor der Mineralogie und Geologie in Besançon und war zugleich als Bergingenieur thätig; 1850 siedelte er als Professor der Geologie an der Sorbonne nach Paris über, wurde 1864 Professor der Landwirthschaft an der École des Mines und 1878 Generalinspector der Bergwerke; starb am 4. März 1881.

In dem folgenden Dezennium wurde das Interesse der Petrographen vorwiegend nach der chemischen Seite gelenkt. Bis dahin hatte sich die Geologie blutwenig um Chemie gekümmert. Die Grundlagen der Geologie waren ohne jegliche Beihilfe von Seiten der Chemie geschaffen worden und unter den Meistern des heroischen Zeitalters waren nur Hutton und Saussure im Gebiete der Chemie heimisch, ohne jedoch von ihren Kenntnissen irgend einen ersprießlichen Gebrauch machen zu können. Cordier hatte 1815 Salzsäure zur Erkennung und Unterscheidung gewisser Bestandtheile von Felsarten verwendet und Gmelin (1828) die in Salzsäure löslichen und unlöslichen Bestandtheile des Phonoliths gesondert bestimmt. Auch Bauschanalysen von vulkanischen Gesteinen waren durch Abich (1841), Dufrenoy, Delesse u. A. veröffentlicht worden, allein eine zielbewußte chemische Untersuchung von Gesteinen wurde doch erst durch G. Bischof und Rob. Bunsen angebahnt.

Wenn G. Bischof, der Schöpfer der chemischen Geologie, die Erde geradezu ein großes chemisches Laboratorium nennt, wenn er die ganze Geologie auf neuer chemischer Grundlage aufzubauen versucht, und wenn er alle Vorgänge in der Erdkruste, sowohl in der Gegenwart als in der Urzeit, durch chemische Processe zu erklären versucht, so wurde er mit diesen Ansichten auf einen durchaus einseitigen Standpunkt gedrängt, der in seiner mangelhaften Vertrautheit mit den Ergebnissen der geologischen Forschung seine Erklärung findet. Da sich die meisten chemischen Processe und wässerigen Lösungen bei normaler Temperatur und Druck vollziehen, so geht Bischof im ersten Band seines Lehrbuchs der chemischen und physikalischen Geologie[9]) zunächst von den Gewässern auf und in der Erde aus und wendet sich nach einer eingehenden Darstellung der Quellen ihrer Temperatur, ihrer chemischen Bestandtheile ꝛc. zu den chemischen Veränderungen, welche das Wasser in Berührung mit den verschiedenen Gesteinen und Mineralien der Erdkruste hervorruft. Der zweite Band ist eine vollständige chemische Mineralogie und Gesteinslehre, worin das analytische Moment gegenüber dem genetischen in Hintergrund tritt. Bischof will nicht nur neue Thatsachen sammeln, sondern dieselben auch zu wissenschaftlichen Schlußfolgerungen verwerthen, geräth aber auch hier, wie später gezeigt werden soll, infolge seiner Untersuchungsmethode zu unhaltbaren, ultraneptunistischen Hypothesen. Im Uebrigen enthält das Bischof'sche Werk eine große

Anzahl von Gesteinsanalysen, aus denen sich das Mischungsverhältniß der verschiedenen gesteinsbildenden Substanzen ergibt. Die chemische Gesteinsanalyse erhielt durch R. Bunsen eine sehr wesentliche Verfeinerung. Nachdem Bunsen[10]) für die vulkanischen Gesteine Islands zwei aus verschiedenen Herden stammende Gesteinsmagmen, das normaltrachytische oder oxylitische und das normalpyroxenische oder basilitische, unterschieden hatte, aus deren Mischung die verschiedensten Gesteine hervorgehen können, wurden chemische Gesteinsuntersuchungen auch von anderer Seite (Kjerulf, Delesse, Durocher, St. Claire-Deville, Rammelsberg, Heinr. Rose, Sartorius v. Waltershausen, Scheerer, Streng u. A.) mit solchem Eifer durchgeführt, daß Justus Roth[11]) im Jahre 1861 bereits nahezu 1000 vertrauenswürdige Bausch- und Partialanalysen von Gesteinen zusammenstellen und kritisch verarbeiten konnte. Eine wesentliche Beihilfe für die mineralogische Bestimmung der einzelnen Bestandtheile gewährte die Bauschanalyse allerdings nicht, dagegen wurde sie für die Beurtheilung der genetischen Verhältnisse von krystallinischen Gesteinen von größter Wichtigkeit.

Im Jahre 1850 veröffentlichte Henry Clifton Sorby[12]) eine kurze Mittheilung über den jurassischen Calcareous grit, dessen Struktur er durch Untersuchung von Dünnschliffen in durchfallendem Licht aufgeklärt hatte. Zwei weitere Abhandlungen suchten (1853 und 1856) das Problem der Schieferung (cleavage) auf dem Wege der mikroskopischen Untersuchung von Dünnschliffen zu lösen. Unabhängig von Sorby war in Deutschland von dem Privatgelehrten Oschatz in Berlin die Wichtigkeit von Dünnschliffen zur Ermittelung der feineren Strukturverhältnisse von Mineralien und Gesteinen erkannt worden. Oschatz hatte in einer Sitzung der deutschen geologischen Gesellschaft am 7. Januar 1852 eine Sammlung von ca. 50 Mineraldünnschliffen ausgestellt und dieselbe auch später (1854) auf der Naturforscherversammlung in Göttingen gezeigt, ohne jedoch damit besonderes Interesse zu erwecken. Auch die gelegentlichen Versuche von Deicke, Jenzsch und Keibel mittelst Dünnschliffen die Struktur und mineralogische Zusammensetzung von Gesteinen zu prüfen, lieferten keine ermuthigenden Resultate.

Einen durchschlagenden Erfolg erzielte H. Cl. Sorby erst 1858 mit seiner classischen Abhandlung[13]) über die mikroskopische Struktur der Krystalle »indicating the origin of minerals and rocks«.

Diese Abhandlung bildet den Ausgangspunkt einer vollständigen Reform und Umgestaltung der petrographischen Untersuchungsmethode. Drei Gebiete wurden darin gleichzeitig aufgeklärt. Zunächst sind die mikroskopischen Strukturverhältnisse der gesteinsbildenden Mineralien in einer bis dahin ungeahnten Genauigkeit dargestellt; dann werden diese Mineralien mit künstlich erzeugten Krystallen verglichen und schließlich aus den gefundenen Thatsachen Folgerungen gezogen über die Entstehung der verschiedenen Gesteine. Indem Sorby aus der Anwesenheit von Flüssigkeits-, Gas-, Krystall-, Glas- und Schlackeneinschlüssen den wässerigen oder feuerigen Ursprung bestimmter Gesteine beweist, beendigt er mit seiner präcisen, unwiderleglichen Methode langjährige Streitfragen, die mit ungenügender Kenntniß über die Beschaffenheit der Mineralbestandtheile und der Grundmasse von Gesteinen nicht zu lösen waren.

Sorby's Methode wurde in erfolgreicher Weise von Websky auf Mineraldünnschliffe angewandt und dabei unter Anwendung von polarisiertem Licht ausgezeichnete krystalloptische Resultate erzielt. Auch Bäntsch und G. vom Rath bedienten sich bei ihren Untersuchungen über die vulkanischen Gesteine des Harzes und des Siebengebirgs des Mikroskops, ohne jedoch zu einer befriedigenden Interpretation der verwendeten Dünnschliffe zu gelangen. Ein entschiedener Einfluß der Sorby'schen Entdeckungen machte sich erst geltend, als Ferd. Zirkel 1862 in Bonn mit dem schottischen Forscher in persönliche Beziehung trat und von ihm in seine Arbeitsmethode und seine Ideen eingeweiht wurde. Mit Enthusiasmus untersuchte Zirkel Dünnschliffe der verschiedenartigsten krystallinischen Gesteine aus allen Theilen der Welt und kam dadurch zu immer schärferen Definitionen der mannigfaltigen Einschlüsse, sowie der in polarisiertem Licht auftretenden Erscheinungen. Durch Zirkel's zielbewußte mikroskopische Gesteinsuntersuchung wurde die Reform in der Petrographie eingeleitet, und wie zu Werner's Zeiten wurde nunmehr für mehrere Jahrzehnte Deutschland die eigentliche Pflegestätte der wissenschaftlichen Gesteinskunde. Es fehlte allerdings anfänglich nicht an Bedenken gegen die Zuverlässigkeit der neuen Untersuchungsmethode. So bezweifelte Vogelsang (1864) die Existenz von Glaseinschlüssen in den Gemengtheilen von Porphyr und anderen nicht glasigen Gesteinen, und Lasypeyres bestritt (1864) geradezu die Verschiedenheit von Glas- und Wasserporen, sowie das Vorhandensein von Glaseinschlüssen in den Porphyren von Halle.

Noch während des Kampfes um die Bedeutung der neuen mikroskopischen Untersuchungsmethode erschien Ferd. Zirkel's Lehrbuch der Petrographie (Bonn 1866), das gewissermaßen den Schlußstein der älteren Periode der Gesteinskunde bildet. Mit vollständiger Sach- und Literaturkenntniß hat Zirkel Alles zusammengefaßt, was über die mineralogische und chemische Zusammensetzung, Struktur, Systematik, das Vorkommen und die Entstehung der verschiedenen Gesteine bekannt war, und wenn die neue mikroskopische Untersuchungsmethode auch noch keine ausgiebige Verwerthung findet, so ist ihre Wichtigkeit doch bereits angedeutet. Nach und nach verstummten die Bedenken gegen die Ergebnisse der Sorby-Zirkel'schen Forschungen. Der geistreiche und weitblickende Vogelsang*) stellte sich in seiner „Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien" (Bonn 1867) voll und ganz auf den Boden der neuen Lehre und machte sich besonders um die Gruppierung der einzelnen Bestandtheile und um die Mikrostruktur der Grundmasse porphyrischer Gesteine verdient. Seine Beobachtungen über die Vorgänge bei der Erstarrung schmelzflüssiger Gesteinsmagmen über die mikroskopische Struktur von Schlacken, über „Fluidalstruktur", über Mikrolithen, über Entglasungszustände sind, wie seine bildlichen Darstellungen von musterhafter Schärfe und Genauigkeit und auch der in Gemeinschaft mit Geißler gewonnene Nachweis, daß gewisse Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien und Gesteinen aus liquider Kohlensäure bestehen, bleibt ein unvergängliches Verdienst dieses viel versprechenden, leider in jugendlichem Alter verstorbenen Gelehrten. Bahnbrechend für die Einführung des Mikroskops in die Petrographie wirkten neben dem Vogelsang'schen Buch hauptsächlich die Abhandlungen Ferd. Zirkel's über Phonolithe [14]), über glasige und halbglasige Gesteine [15]), über Leucitgesteine [16]), und vor Allem die Untersuchung über die mikroskopische Zusammensetzung und Struktur der Basaltgesteine" (Bonn 1870). In diesem wichtigen Werk zeigte Zirkel zum erstenmal, daß die Basalte und die ihnen entsprechenden Laven in drei Gruppen (Feldspath-, Nephelin- und Leucit-Basalt) zerfallen und daß jede dieser drei Modificationen sowohl durch die Beschaffenheit und das Gefüge

---

*) Vogelsang Hermann, geboren 1838 zu Minden, widmete sich dem Bergfach, studierte in Bonn gleichzeitig mit seinem nachmaligen Schwager Ferd. Zirkel, habilitierte sich in Bonn als Privatdocent, folgte aber bald einem Ruf an das Polytechnicum in Delft, wo er schon am 6. Juni 1874 starb.

der Hauptbestandtheile, als auch der Grundmasse in präcisester Weise erkannt werden kann.

Wenige Monate vor der Publication des Zirkel'schen Werkes über die Basaltgesteine hatte G. Tschermak (1869) eine kurze, aber wichtige Abhandlung über die mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotit-Gruppe veröffentlicht und damit eine der Hauptschwierigkeiten bei der Bestimmung felsbildender Mineralien aus dem Wege geräumt. Mit werthvollen Untersuchungen über den Einschluß fremder krystallinischer Substanzen in Mineralien betheiligte sich auch der Freiburger Mineraloge H. Fischer (1870) an der mikroskopischen Gesteinsforschung. Er zeigte, daß eine große Anzahl bisher für einfache und constante Silicatverbindungen gehaltene Mineralien sich in Dünnschliffen als ein Gemenge verschiedenartiger, optisch ganz abweichender Substanzen herausstellen.

Mit Beginn des siebten Dezenniums hatte die mikroskopische Untersuchungsmethode auf allen Linien gesiegt. An Stelle der früheren Gleichgültigkeit gegen das Mikroskop trat nunmehr namentlich in Deutschland ein wahrer Feuereifer für die neu erschlossene Disciplin. Gesteine aus allen Welttheilen wurden geschliffen, untersucht und beschrieben; die geologischen Zeitschriften füllten sich mit petrographischen Abhandlungen. Das Jahr 1873 wurde bedeutsam durch das fast gleichzeitige Erscheinen von zwei Werken, worin die beiden hervorragendsten Meister auf dem Gebiete der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung die Quintessenz ihrer bisherigen Erfahrungen zusammenfaßten. Unter dem Titel „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Felsarten" (Leipzig 1873) bietet Zirkel zuerst eine Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes, zur Untersuchung im polarisierten Licht und zur Herstellung von naturtreuen Abbildungen. Es folgt sodann eine durch zahlreiche Holzschnitte erläuterte Darstellung der mikroskopischen Struktur der gesteinsbildenden Mineralien mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenartigen Einschlüsse und Zersetzungserscheinungen; ferner eine Erläuterung der optischen und physikalischen Eigenschaften der Mineralien in Dünnschliffen. Die in den ersten Abschnitten gewonnenen Ergebnisse an Mineralien werden auf die Gemengtheile der Gesteine übertragen und schließlich die Strukturverhältnisse der letzteren eingehend geschildert. Die mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien von H. Rosenbusch (Stuttgart

1873) enthält eine erschöpfende Darstellung der Methoden, nach welchen man die morphologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mineralien für die Bestimmung von Gesteinen verwerthen kann; darauf folgt eine durch seltene Klarheit und Präcision ausgezeichnete Erörterung der mikroskopischen Eigenschaften der felsbildenden Mineralien. Rosenbusch hat in diesem Werk, an die Arbeiten Tschermak's anknüpfend, eine mikroskopische Krystalloptik geschaffen, welche den petrographischen Untersuchungen von nun an eine bewunderungswürdige Sicherheit verliehen. Durch Verbesserung des Mikroskops und Polarisationsapparates, durch Einführung eines drehbaren Objecttisches und sonstiger Hilfsapparate, welche namentlich die stauroskopischen Erscheinungen zu verwerthen gestatteten, wurde es jetzt möglich, nicht nur einfach- oder doppelbrechende Medien und optisch ein- oder zweiaxige Mineralien von einander zu unterscheiden, sondern auch die specifischen optischen Eigenthümlichkeiten von Mineralien aus den verschiedenen Krystallsystemen mit großer Genauigkeit festzustellen. Mit diesem bahnbrechenden Werk, welchem 1877 die mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine folgte, übernahm Rosenbusch neben Zirkel die Führung in der mikroskopischen Gesteinsforschung in Deutschland. Die von Rosenbusch auf hohe Stufe gebrachte optische Methode der Mineralunterscheidung wurde mit der Zeit durch E. Bertrand (1878), C. Klein (1878) und A. v. Lasaulx (1878) noch weiter verfeinert. M. Schuster konnte 1879 nachweisen, daß die von Tschermak in so meisterhafter Weise nach ihrer Zusammensetzung als isomorphe Mischungen erkannten Feldspathe, sich auch in optischer Hinsicht entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung als eine Reihe von nahestehenden aber optisch deutlich zu unterscheidenden Modificationen erweisen. Neben der scharfen mineralogischen Bestimmung der wesentlichen Bestandtheile von Felsarten enthüllte das Mikroskop auch eine beträchtliche Anzahl von Mineralien, die bis dahin entweder in gewissen Gesteinen unbekannt waren oder als Seltenheiten galten. So wurden Augit in Granit, Porphyr, Rhyolith, Phonolith u. s. w., Tridymit in Trachyt und Andesit, Quarz in Diabas, Olivin in Melaphyr, Sodalith in Zirkonsyenit, Trachyt und Phonolith, Melilith und Perowskit in Basalt, Enstatit in Andesit, Zirkon in Granit, Syenit, Porphyr und Trachyt, Rutil und Andalusit in krystallinischen Schiefern, Apatit in einer großen Anzahl von Gesteinen aufgefunden. Diese Entdeckungen brachten die bisherigen Ansichten über die Associations-

gesetze der felsbildenden Mineralien in's Schwanken. Hatte man früher geglaubt, daß sich Augit und Quarz, sowie Augit und Orthoklas, oder Leucit und Plagioklas gegenseitig ausschlössen, so zeigte nunmehr die mikroskopische Untersuchung in zahlreichen Fällen das Gegentheil. Die chemischen Bauschanalysen ließen sich jetzt bei einer genauen Kenntniß aller Bestandtheile und der Beschaffenheit der Grundmasse weit sicherer interpretieren als früher. Eine ganz besonders wichtige Bedeutung erlangte das Mikroskop durch die Aufschlüsse, welche es über die Zusammensetzung und Strukturverhältnisse der scheinbar dichten und der porphyrischen Gesteine gewährte. Auch gewisse makroskopische Strukturerscheinungen, wie Kugelbildung, Sphärolithe u. s. w. erhielten erst durch die mikroskopische Untersuchung ihre richtige Erklärung. Daß durch alle diese Aufschlüsse auch die bis dahin vielfach schwankenden Meinungen über die Entstehung der krystallinischen Gesteine in sicherere Bahnen gelenkt wurden, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Die reiche wissenschaftliche Ernte, welche durch die mikroskopische Gesteinsuntersuchung der Geologie zufiel, veranlaßte eine fast unübersehbare Menge von petrographischen Arbeiten, deren Aufzählung Druckbogen füllen würde. Es muß darum auf die Erwähnung dieser Specialarbeiten verzichtet werden. Zwischen 1870 und 1880 dürften reichlich zwei Drittel der mikroskopisch-petrographischen Publicationen auf Deutschland und Oesterreich fallen. Aus der großen Zahl der auf diesem Gebiete thätigen Arbeiter mögen neben den führenden Meistern Zirkel und Rosenbusch nur die Deutschen Cohen, Möhl, Kalkowsky, Dathe, Bücking, Oebbeke, Sauer, Wichmann, van Werwecke, Chelius, Klemm, Osann und die Oesterreicher Becke, Dölter, Hussak, K. Hofmann, Szabó, Kreutz, Niedwiedzki genannt werden. Etwas später betheiligten sich auch die übrigen Nationen an den mikroskopischen Gesteinsstudien. So in England Allport, Rutley, Houghton, Bonney, Archib. Geikie, Teall, Harker u. A., in Frankreich Fouqué, Michel-Lévy, Lacroix, Velain, Barrois; in Belgien A. Renard und de la Vallée-Poussin, in Italien A. Cossa, Lotti, Mattirolo, Melzi, Artini, Riva u. A., in der Schweiz C. Schmidt, Grubemann, Duparc, in Spanien Mac Pherson, Calderon, Quiroga, in Skandinavien A. Törnebohm, Sjögren, Reusch, Brögger, Bäckström, Vogt, Ussing, in Rußland Inostran-

zeff, Lagorio, Löwinson-Lessing, Chroustchoff, in Finland Sederholm und Ramsay, in Nordamerika A. Hague, Whitman Croß, Iddings, G. H. Williams, Wadsworth, Lawson, Persiflor Frazer, Fr. D. Adams, Kemp u. A., in Japan Harada und Koto.

Der Einfluß der mikroskopischen Forschungen auf die Systematik der Petrographie machte sich am entschiedensten bei den massigen Gesteinen bemerkbar. Daß hier die mineralogische Zusammensetzung zunächst Berücksichtigung fand, ist begreiflich, hatte doch das Mikroskop gerade auf diesem Gebiet die wichtigsten Enthüllungen gebracht. Zirkel verwerthet in seiner Petrographie (1866) bei der Classifikation der krystallinischen Massengesteine in erster Linie die Feldspathmodificationen und theilt die ersteren in fünf Hauptgruppen ein (Orthoklas-, Oligoklas-, Nephelin- und Leucit-, Labrador-, Anorthit-Gesteine). Die Orthoklas- und Oligoklasgesteine zerfallen in solche mit und ohne Quarz und diese unterscheiden sich wieder je nach dem Gehalt von Hornblende oder Augit oder nach der Anwesenheit verschiedener Feldspathmodificationen. Das geologische Alter, sowie die Struktur (körnig, porphyrisch, glasig) gewähren weitere Anhaltspunkte zur Bestimmung der verschiedenen Gesteine.

Auch Rosenbusch unterscheidet 1877 in seiner Physiographie der massigen Gesteine nach dem Feldspathgehalt 1. Orthoklas-Gesteine, 2. Orthoklas-, Nephelin-, Leucit-Gesteine, 3. Plagioklas-Gesteine, 4. Plagioklas-, Nephelin-, Leucit-Gesteine, 5. Nephelin-Gesteine, 6. Leucit-Gesteine, 7. feldspathfreie Gesteine (Peridotite). Jede dieser Gruppen wird wieder nach der Struktur in körnig-, porphyrisch-, eventuell glasig ausgebildete Gesteine zerlegt, außerdem sind bei den Orthoklas-Gesteinen die quarzhaltigen von den quarzfreien geschieden. Auch das geologische Alter findet in der Rosenbusch'schen Classification wie bei Zirkel gebührende Berücksichtigung, indem innerhalb jeder Gruppe die älteren und jüngeren Gesteine gesondert behandelt sind.

Wie groß nun auch die Erfolge der mikroskopischen Mineral- und Gesteinsuntersuchung waren, alle Fragen der Petrographie vermochte das Mikroskop nicht zu lösen. Gewisse Gesteinselemente trotzten bei der Bestimmung auch den feinsten optischen Methoden, und so stellte sich bald das Bedürfniß ein, die mikroskopische Untersuchung mit der chemischen zu verbinden. Es wurden mikrochemische Methoden ersonnen, um winzige Mineralkörnchen auf ihre Zusammensetzung zu prüfen.

Auf diesem Gebiete erwarben sich A. Streng[17]), Boricky[18]) (1877), H. Behrens[19]) (1881), Szabó, K. Haushofer[20]) (1883—1885), Klement und Rénard[21]) (1885) besondere Verdienste. Die chemische Untersuchung einzelner Bestandtheile erheischte zugleich eine möglichst strenge Sonderung der letzteren. Zu diesem Behufe hatte Cordier schon 1815 Gesteine pulverisiert und die verschiedenen Gemengtheile nach ihrer Schwere durch Schlämmen zu isolieren versucht; auf gleiche Weise gewann Thürach (1884) aus Thonen, Erden und Gesteinspulvern größere Mengen von Zirkon, Rutil, Anatas und anderen Mineralien, die alsdann einzeln optisch und chemisch geprüft werden konnten. Eine Verbesserung erhielt die mechanische Trennungsmethode durch F. Fouqué[22]) (1875), welcher aus pulverisierten Laven von Santorin die eisenhaltigen Mineralien mittelst eines starken Elektromagneten auszog. Noch wichtiger wurde die bereits 1862 von Graf Schaffgotsch und später von Church empfohlene Anwendung einer chemisch indifferenten Lösung von hohem specifischem Gewicht (Kalium-Quecksilberjodid) durch F. Thoulet.[23]) Indem pulverisierte Gesteine mit dieser Lösung geschüttelt und dieselbe allmählich verdünnt wurde, konnten durch fractionierte Fällung die Mineralien von verschiedenem specifischem Gewicht getrennt und alsdann gesondert optisch und chemisch untersucht werden. Das Thoulet'sche Verfahren ist von S. Goldschmidt[24]) und Oebbeke weiter ausgebildet worden. Von D. Klein, Bréon, C. Rohrbach u. A. wurden Flüssigkeiten von noch höherem specifischem Gewicht als die „Thoulet'sche Lösung" aufgefunden und zur Scheidung von Gesteinsbestandtheilen verwerthet. A. Stelzner[25]) hat die mechanische Trennung der verschiedenen Gesteinsbestandtheile durch Anwendung größerer Quantitäten und durch sorgfältige chemische und mineralogische Untersuchung der durch die schweren Lösungen gesonderten Niederschläge verbessert.

Die wichtigen Ergebnisse der mikroskopischen und mikrochemischen Untersuchungsmethode, welche in den kurzen Lehrbüchern von A. v. Lasaulx[26]), O. Lang[27]) und namentlich von Rosenbusch vortrefflich zusammengefaßt wurden, führten der Petrographie auch in den außerdeutschen Ländern, welche sich bis dahin etwas zurückhaltend gezeigt hatten, zahlreiche Anhänger zu und namentlich in Frankreich traten zwei hervorragende Forscher, Fouqué und Michel-Lévy, an die Spitze der Bewegung und wußten in origineller Weise die bereits hoch entwickelte mikroskopische Untersuchung

von Mineralien und Gesteinen zu vertiefen und für die wissenschaftliche Entwickelung der Petrographie nutzbar zu machen. Beide hatten, den von Senarmont eingeschlagenen Weg verfolgend, seit 1873 eine nicht unerhebliche Anzahl von künstlichen Silicatverbindungen durch Schmelzversuche hergestellt und die dabei gewonnenen Substanzen in sorgfältigster Weise makroskopisch, mikroskopisch und chemisch untersucht und mit den entsprechenden natürlichen Mineralien verglichen. Während aber F. Fouqué vorzugsweise die krystalloptischen Methoden der mikroskopischen Mineraluntersuchung weiter entwickelte, beschäftigte sich Michel-Lévy mehr mit dem Studium der mikroskopischen Verhältnisse der Gesteine. In einem gemeinsamen, die geologische Specialkarte von Frankreich erläuternden und mit prachtvollen farbigen Tafeln ausgestatteten Werk, veröffentlichten die beiden Forscher ihre Erfahrungen über die mikroskopische Beschaffenheit der französischen Eruptivgesteine.[28]) Die Anordnung des Stoffes entspricht im Allgemeinen der mikroskopischen Physiographie von Rosenbusch. Mit besonderer Sorgfalt sind die krystalloptischen und mikrochemischen Methoden zur Mineral- und Gesteinsuntersuchung erörtert und im speciellen Theile die einzelnen felsbildenden Mineralien sehr eingehend behandelt. Fouqué und Michel-Lévy unterscheiden in den Gesteinen ursprüngliche und secundäre Mineralien; die ersteren treten bald als wesentliche, bald als accessorische Bestandtheile auf; die secundären werden nach der Zeit ihrer Entstehung in zwei Hauptgruppen und diese wieder in verschiedene Abtheilungen zerlegt. Auf Grund dieser Ansichten sind die Gesteine mit Berücksichtigung ihrer Entstehung, ihres geologischen Alters, ihrer mineralogischen Zusammensetzung und Struktur classificiert. Zunächst werden nach dem Alter die vortertiären Massengesteine den tertiären und recenten gegenübergestellt und die Verschiedenheit derselben hervorgehoben. Nach der Struktur zerfallen die Gesteine in granitoidische und trachytoidische, die ungefähr den körnigen und porphyrischen der deutschen Petrographen entsprechen. Auf die zeitliche Ausbildung der einzelnen Bestandtheile wird besonderes Gewicht gelegt. In beiden Gruppen scheiden sich zuerst die größeren Krystalle aus, die später als Einsprenglinge in der während des zweiten Stadiums entstehenden aus kleineren Krystallen oder Mikrolithen bestehenden Grundmasse eingebettet erscheinen. Bei den Gesteinen von granitoidem Typus ist die Erstarrung mit der zweiten Phase abgeschlossen, bei den trachytoidischen Gesteinen dagegen folgt

noch ein drittes Stadium, in welchem die durch höhere Temperatur und Einwirkung von Gasen und Dämpfen verursachten Zersetzungserscheinungen verlaufen und Grundmassen von mikrofelsitischer, mikrolithischer und glasiger Beschaffenheit entstehen. Für die Bestimmung der einzelnen Felsarten kommen in dem Fouqué-Lévy'schen System die Feldspathe in erster Linie in Betracht, in zweiter Linie sind die Magnesia-Eisensilikate (Glimmer, Amphibol, Pyroxen, Diallag, Hypersthen, Peridot) berücksichtigt. Mit einer sehr eingehenden Beschreibung der felsbildenden Mineralien schließt das wichtige Werk ab, das in Frankreich eine autoritative Stellung einnimmt und für die dortige Behandlung der Gesteinskunde maßgebend geworden ist.

Eine wesentliche Ergänzung erhielt (1888) die Minéralogie micrographique durch ein Werk von Michel-Lévy und Lacroix[29]), worin M. Lévy zuerst die optischen Methoden zur Bestimmung von Mineraldurchschnitten unbekannter Orientierung, sowie die mikrochemischen Methoden zur Prüfung von Mineralfragmenten und Gesteinselementen genau erörtert und sodann gemeinsam mit Alf. Lacroix eine durch die Fülle neuer Bestimmungen und numerischer Angaben ausgezeichnete Uebersicht aller physikalischen und optischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Mineralien liefert.

Die französischen Forscher stützen sich vielfach auf die krystalloptischen Untersuchungen von Descloizeaux, sowie auf die im Jahre 1885 veröffentlichte zweite Auflage der mikroskopischen Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien von H. Rosenbusch. In diesem vollständig umgearbeiteten Werk sind alle auf mikroskopischem, krystalloptischem und mikrochemischem Gebiete gewonnenen Erfahrungen sorgfältig berücksichtigt und der krystalloptische Theil mit außerordentlicher Sorgfalt behandelt. Hatte Rosenbusch schon in der ersten Auflage die streng wissenschaftliche mikroskopische Bestimmung der Mineralien durch Einführung neuer Apparate und Methoden bedeutend gefördert, so schritt er durch vieljährige Erfahrung geleitet auf diesem Wege fort und gab so genaue Anweisungen für die Behandlung des Mikroskopes, daß sich auch minder Geübte auf diesem etwas schwierigen Gebiete leicht orientieren können. Die Zahl der Holzschnitte ist beträchtlich vermehrt und statt der chromolithographischen Tafeln sind 26 Lichtdrucktafeln beigegeben, bei denen theilweise die von Cohen veröffentlichte Sammlung von Mikrophotographien benutzt wurde.

Sowohl Rosenbusch[30]), als auch Michel-Lévy und Lacroix[31]) haben alle wichtigeren physikalischen, optischen und chemischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Mineralien in tabellarischer Form zusammengestellt und dadurch das mikroskopische Studium von Gesteinsdurchschnitten wesentlich erleichtert.

In Italien suchte Alf. Cossa[32]) die moderne mikroskopische Untersuchung der Gesteine mit unermüdlichem Eifer einzuführen. Eine Sammlung seiner zahlreichen Abhandlungen über italienische Gesteine und Mineralien mit einer methodologischen Einleitung bildet einen trefflichen Leitfaden für das Studium der mikroskopischen Petrographie.

Obwohl die moderne mikroskopische Gesteinsuntersuchung durch H. Clifton Sorby angeregt und auch schon auf eine gewisse Höhe gebracht worden war, betheiligten sich die großbritannischen Geologen doch erst verhältnißmäßig spät an der Weiterentwickelung der Petrographie. Erst nach dem Erscheinen der grundlegenden Werke von Zirkel, Rosenbusch, Fouqué, Michel-Lévy und Lacroix zeigte sich auch in England ein lebhafteres Interesse an mikroskopischen Gesteinsstudien. Fr. Rutley[33]) veröffentlichte (1888) eine Uebersicht der gesteinsbildenden Mineralien und ihres optischen und chemischen Verhaltens bei mikroskopischer Untersuchung. Das Werk erreicht weder an Vollständigkeit, noch an Genauigkeit die deutschen und französischen Vorbilder, hat aber immerhin eine Bedeutung, weil es die englischen Geologen mit den wichtigsten Ergebnissen der mikroskopischen Krystalloptik bekannt machte. Das im gleichen Jahre erschienene Handbuch der Petrographie von J. Harris Teall[34]) behandelt nur die in Großbritannien vorkommenden Eruptivgesteine. Es beginnt mit der Besprechung der Grundmassen und mineralogisch unbestimmbaren Bestandtheile der Gesteine, wobei namentlich auf die Untersuchungen von Sorby und Vogelsang hingewiesen wird. Daran schließen sich ausführliche Erörterungen über Durchwachsungen und Einschlüsse der verschiedenen Gemengtheile, die nach ihrer Ausscheidung in verschiedene Generationen eingetheilt werden. In ausführlicher Weise wird die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine unter Bezugnahme auf die Bunsen'schen Untersuchungen erörtert. Bei den Texturverhältnissen wird auf die Größe der einzelnen Gemengtheile besonderes Gewicht gelegt. Für die Systematik hält Teall als maßgebend 1. die chemische, 2. die mineralogische Zusammensetzung, 3. die Textur,

4. das Vorkommen, 5. den Ursprung, 6. das geologische Alter, 7. den Fundort. Da jedoch im Handstück die chemische Zusammensetzung nicht ersichtlich ist, so verwerthet Teall in erster Linie die mineralogische Zusammensetzung und benützt die Textur zur Unterscheidung der Unterabtheilungen. Sehr beachtenswerthe Bemerkungen über den Ursprung und die Metamorphose krystallinischer Massengesteine beschließen das Werk, dessen Autor keine neue Classification oder sonstige Umgestaltung der Petrographie beabsichtigt, sondern lediglich in England die Errungenschaften der neueren Untersuchungsmethoden in weitere Kreise zu bringen versucht.

Ein wichtiges Ereigniß für die ganze neuere Entwickelung der Petrographie bildet das Erscheinen der zweiten Auflage des zweiten Bandes der Rosenbusch'schen Physiographie, welche die massigen Gesteine behandelt (1888). Rosenbusch bricht hier vollständig mit dem früheren Princip, die Gesteine in erster Linie nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung zu classificieren. Ausgehend von dem Grundsatz, daß eine natürliche Systematik der Gesteine die genetischen Verhältnisse wiederzuspiegeln habe, sucht er darzuthun, daß die Gesteinsstruktur die sicherste und ausgiebigste Grundlage zum Aufbau eines natürlichen Systems der Massengesteine gewähre. Für die Struktur eines Eruptivgesteins ist aber seine geologische Erscheinungsform fast ausschließlich maßgebend und erst in zweiter und dritter Linie sind die chemische und mineralogische Zusammensetzung und das geologische Alter zu berücksichtigen. Mit der Aufstellung der drei Hauptgruppen: Tiefengesteine, Ganggesteine und Ergußgesteine wird die Gesteinskunde aus dem Laboratorium, wo sie Jahrzehnte lang an Schleiftisch, Mikroskop und chemische Reagentien gefesselt war, wieder in die Natur hinausgetragen und die Beobachtung des geologischen Auftretens der Gesteine dem Petrographen warm ans Herz gelegt. Rosenbusch legt auf eine möglichst präcise wissenschaftliche Sprache großes Gewicht und schlägt darum für alle Modificationen der Struktur eine neue Terminologie (hypidiomorph, panidiomorph, miarolithisch, mikrofelsitisch, holokrystallin, hypokrystallin, filotaxitisch rc.) vor.

Die Tiefengesteine zeichnen sich insgesammt durch holokrystallinische und hypidiomorph-körnige Struktur aus. Sie sind durch einen langsamen Erstarrungsproceß in der Tiefe entstanden und werden in Uebereinstimmung mit Fouqué und Lévy nach dem Feldspath- und Quarzgehalt in eine Anzahl von Gruppen zerlegt. Zu

den Ganggesteinen gehören solche Eruptivmassen, welche stets in typischer Gangform auftreten, jedoch theilweise nur als besondere Entwickelungsfacies von Tiefengesteinen zu betrachten sind und wahrscheinlich auch mit solchen genetisch und räumlich verbunden sein dürften. Sie zerfallen in drei Reihen — eine granitische, eine syenitische und eine dioritische —, welche unabhängig von ihrer mineralogischen Zusammensetzung bald granitische, bald granit-porphyrische, bald lamprophyrische Struktur besitzen. Für die Ergußgesteine ist die porphyrische Struktur charakteristisch. Sie enthalten stets mindestens zwei nacheinander entstandene Generationen von Bestandtheilen, wovon die ältere (die größeren Einsprenglinge) wahrscheinlich in der Tiefe (intratellurisch), die jüngere während der Eruptionsperiode zur Entwickelung gelangte. Mit dem Austritt eines glühenden Gesteinsmagmas an die Erdoberfläche und mit dem Entweichen der Wasserdämpfe ändert sich auch die chemische Zusammensetzung. Je nach der rascheren oder langsameren Abkühlung entstehen holokrystallinische, hypokrystallinische oder glasige Grundmassen. Die Ergußgesteine werden in paläovulkanische (Porphyre, Porphyrite, Augitporphyrite, Melaphyre und Pikritporphyrite) und neovulkanische (Liparite, Trachyte, Phonolithe, Leucitophyre, Andesite, Basalte, Tephrite, Nephelinite ꝛc.) eingetheilt. Einige der älteren Ergußgesteine, wie die Diabasporphyrite und Pikritporphyrite, schließen sich gewissen granitporphyrischen Ganggesteinen so enge an, daß sie zu diesen in einem ähnlichen Verhältniß zu stehen scheinen, wie die typischen Ganggesteine zu den Tiefengesteinen. Sie unterscheiden sich von den ächten Ergußgesteinen durch den Mangel an Tuffen. Bei der Bestimmung von älteren und jüngeren Ergußgesteinen legt Rosenbusch neben der mineralogischen Zusammensetzung auch auf die Beschaffenheit der Grundmasse großes Gewicht.

Es ist unverkennbar, daß die Fouqué-Lévy'schen Anschauungen einen erheblichen Einfluß auf die neue Systematik von Rosenbusch ausgeübt haben; die französischen Forscher zögerten darum auch nicht lange, ihre Stellung zu derselben zu bezeichnen. Michel-Lévy unterzog (1889) in einer besonderen Abhandlung[25]) das Rosenbusch'sche Werk einer eingehenden Besprechung unter Darlegung seines theils ablehnenden, theils zustimmenden Standpunktes. Was zunächst die Eintheilung der Eruptivgebilde in Tiefen-, Gang- und Ergußgesteine betrifft, so hält M. Lévy die Ganggesteine für eine unhaltbare und

künstliche Gruppe, da verschiedene derselben nicht nur gangförmig, sondern auch als Ergußmassen auftreten. Daß bei den Tiefengesteinen, welche ziemlich genau der granitoiden Serie von Fouqué-Lévy entsprechen, nur eine Generation von Gemengtheilen vorhanden sei, wird bestritten, doch erscheint allerdings der Nachweis einer besonderen zweiten Generation von Bestandtheilen, welche aus einem aus Alkalifeldspath und freier Kieselsäure bestehenden Krystallisationsrückstand hervorgehen, nicht sehr überzeugend. Die verschiedenen Strukturerscheinungen bei den Eruptivgesteinen sind nach Michel-Lévy bedingt durch Variationen der Temperatur, des Druckes und der „Mineralisatoren“, d. h. der Durchtränkung mit Gasen und heißen Dämpfen. Die letzteren spielen bei den sauern Gesteinen die Hauptrolle und verursachen z. B. Granophyr-Aplit- und Pegmatitstruktur, sowie regelmäßige Folgen gewisser Gesteine in zeitlicher Hinsicht. Bei den basischen Gesteinen hängt die Struktur fast ausschließlich von der Temperatur, d. h. von der größeren oder geringeren Geschwindigkeit der Abkühlung ab, wie durch Hinweis auf die Fouqué-Lévy'schen künstlichen Schmelzprocesse zur synthetischen Herstellung von Gesteinen gezeigt wird. Die äußere geologische Erscheinung der Eruptivgesteine, sowie das geologische Alter stehen nach M. Lévy mit der Struktur in zu losem Zusammenhang, als daß diese Merkmale als Classificationsprincip verwerthet werden könnten. Zum Beweis dafür werden typische Ergüsse von Tiefengesteinen, wie Granit, Ophit und Gabbro angeführt. Nach dieser im Allgemeinen ablehnenden Kritik der Rosenbusch'schen Classification geht M. Lévy zur Erörterung der Strukturverhältnisse über, wobei die vielfach übereinstimmenden Ansichten des deutschen und der französischen Forscher betont und auch die Differenzen in der Terminologie durch Herstellung einer Synonymik in Einklang zu bringen gesucht werden. In den meisten Fällen beansprucht M. Lévy freilich die Priorität für seine Bezeichnungen.

Für die Zusammensetzung der Eruptivgesteine kommen nur wenige Mineralien in Betracht. Fouqué und M. Lévy hatten dieselben schon früher in ursprüngliche und secundäre eingetheilt und die letzteren auch nach ihrer successiven Entstehung in verschiedene Gruppen zerlegt. Nach Rosenbusch gelten für die Bildungsfolge lediglich die zwei Grundsätze, daß das Magma stets saurer ist als die Summe der bereits erstarrten Gemengtheile, und daß im Allgemeinen die Ausscheidung der in geringer Menge vorhandenen Elemente vor jener

der reichlicher vorhandenen aufhört. M. Lévy bestreitet die unbedingte Richtigkeit dieser Regeln und beschäftigt sich eingehender mit der Reihenfolge der mineralischen Ausscheidungsprodukte. Durch eine symbolische Zeichensprache sollen Struktur, Zusammensetzung und Genesis der massigen Gesteine mittelst einer kurzen Formel ausgedrückt werden. Die wichtigsten Gemengtheile werden durch lateinische Buchstaben mit beigefügten Zahlen bezeichnet, z. B. Magnetit mit F_1, Titaneisen mit F_2, Spinell mit F_3 ꝛc., Leucit mit l, Quarz mit q ꝛc Für die beiden fundamentalen Strukturunterschiede (granitoide und trachytoide oder porphyrique) sind die griechischen großen Buchstaben Γ und Π, für die secundären Modificationen der Struktur kleine griechische Buchstaben gewählt. Mit diesen beginnt die Formel, dahinter kommen die Zeichen für die einzelnen Bestandtheile in der Reihenfolge ihrer Ausscheidung. Ein Strich über der Zeile deutet die erste Erstarrungs-, ein Strich unter der Zeile die zweite Erstarrungsperiode an. Als Beispiel mögen hier die Formeln für Diabas, Hornblendegranit und Quarzporphyr angeführt werden:

Diabas: $\Gamma\omega - \overline{(F_{12356})(O H_{12} A_3 M)}\,\underline{(t_{23})(P_{34})}$

Hornblendegranit: $\Gamma\alpha - \overline{F_{5-8}(M)(t_1 a_1} a'_1 a_3 q)$

Quarzporphyr: $\Pi\gamma - \overline{(F_{56})(H_2 P_{23} \underline{A_{23}} M)(t_1 a_1 q)}$.

Schließlich kommt Michel-Lévy zu dem Ergebniß, daß die Classification und Benennung der Gesteine von jeder genetischen Hypothese frei sein und darum Struktur und mineralogische Zusammensetzung ausschließlich die Grundlage einer rationellen Systematik bilden müssen.

Einen ähnlichen Standpunkt wie Michel-Lévy nimmt F. Zirkel in der zweiten Auflage seines Lehrbuchs der Petrographie (1893/94) ein. Das stattliche, drei Bände starke Werk ist das einzig vollständige, sowohl eruptive, als auch schieferige und sedimentäre Gesteine gleichmäßig berücksichtigende Handbuch der Petrographie. Es enthält eine bis in das letzte Jahrzehnt dieses Jahrhunderts reichende Darstellung des petrographischen Wissens und behandelt die Gesteine nach ihrer makroskopischen, mikroskopischen und chemischen Beschaffenheit, nach ihrer Struktur und nach ihrem geologischen Vorkommen mit schwer zu erreichender Klarheit und Beherrschung der Literatur. Auch die historische Entwickelung der verschiedenen Zweige der Gesteins-

kunde ist überall sorgfältig berücksichtigt. Der Mangel an Abbildungen mag beklagt werden; allein die Beigabe eines Atlas hätte das ohnehin schon sehr umfangreiche Werk erheblich vertheuert. Der erste Band enthält die Propädeutik der Gesteinskunde, beginnend mit einer eingehenden Beschreibung sämmtlicher in der modernen Petrographie angewandten Untersuchungsmethoden. Sehr ausführlich sind die felsbildenden Mineralien nach ihren morphologischen, optischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften, soweit dieselben für die Petrographie von Wichtigkeit sind, behandelt. Bei Besprechung der Struktur verhält sich Zirkel vielfach ablehnend gegen die von Rosenbusch vorgeschlagene Terminologie, indem er zugleich die in dem Lehrbuch angewandten Bezeichnungen in ausführlicher Weise begründet. Die specielle Petrographie beginnt mit den massigen Erstarrungsgesteinen, die nach ihrem geologischen Auftreten, ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung, ihrer Makro- und Mikrostruktur geschildert werden. Nach einer ausführlichen Erörterung über den Begriff Grundmasse werden die Vorgänge bei dem Erstarrungsproceß, die Reihenfolge der Ausscheidungsprodukte und die durch spätere Einwirkungen nach der Erstarrung gebildeten Gemengtheile, ferner die Spaltungen und Differenzierungen innerhalb der massigen Erstarrungsgesteine, die sogenannten Schlieren mit ihren endogenen Einschlüssen und endlich die künstliche Herstellung von massigen Gesteinen durch Schmelzversuche unter stetem Hinweis auf die einschlägige Literatur besprochen. Bei der Classification der Eruptivgesteine bekämpft Zirkel das Eintheilungsprincip von Rosenbusch und sucht die Unhaltbarkeit der Gruppe „Ganggesteine" nachzuweisen. Zirkel's in tabellarischer Form veranschaulichte Classification hält im Grundprincip an der in der ersten Auflage befolgten Eintheilung nach der mineralogischen Zusammensetzung fest. Sie stimmt in vielen Punkten mit jener von Fouqué und Michel-Lévy überein und berücksichtigt in erster Linie den Feldspathbestandtheil. Dadurch entstehen drei Gruppen: 1. eine mit vorwiegendem Alkalifeldspath, 2. eine mit vorwiegendem Kalknatron- und Kalkfeldspath und 3. eine ohne eigentlichen Feldspath (Nephelin, Leucit, Melilith- und feldspathfreie Gesteine). Nach der Struktur unterscheidet Zirkel wie Michel-Lévy 1. gleichmäßig körnige und 2. porphyrische und glasige Gesteine. Zu den ersteren gehören Tiefengesteine von verschiedenem Alter, zu den letzteren Ergußgesteine, die nach ihrem Alter wieder in vortertiäre (paläovulkanische) und

tertiäre und posttertiäre (neovulkanische) zerfallen. Im zweiten und dritten Band sind die einzelnen Massengesteine, die krystallinischen Schiefer und Sedimentgesteine in erschöpfender Weise beschrieben.

Zirkel's Lehrbuch wird für alle Zeit ein Fundamentalwerk der Petrographie bleiben. Wie die erste Auflage gewissermaßen den Schlußstein der älteren Periode bildet, in welcher die makroskopische Untersuchungsmethode vorherrschte, so verhält sich die zweite Auflage zu der modernen Entwickelungsperiode in der Gesteinskunde, worin die mikroskopische und mikrochemische Methode bereits eine so hohe Vollkommenheit erreicht hat, daß die auf diesem Weg zu erzielenden Früchte zum großen Theil schon eingeheimst sein dürften. Allerdings hat sich der Gegensatz zwischen der Zirkel'schen und Rosenbusch'schen Richtung in den letzten Jahren verschärft, indem Rosenbusch sowohl in der dritten Auflage seiner Physiographie der massigen Gesteine (1896) als auch in seinen Elementen der Gesteinslehre (1898), worin neben den Eruptivgesteinen auch die schichtigen Gesteine und die krystallinen Schiefer berücksichtigt sind, in allen wesentlichen Punkten auf seinem Standpunkt verharrt und die Zirkel'schen Einwendungen schroff zurückweist.

Die Differenzen der beiden führenden deutschen Petrographen beruhen nicht in der Untersuchungsmethode, sondern in den Folgerungen aus den beobachteten Thatsachen für die Classification und Genesis der Gesteine. Die Ausbildung der mikroskopischen und mikrochemischen Gesteinsuntersuchung ist eine unvergängliche Errungenschaft der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und hat die Gesteinskunde zu einem der bestbegründeten Zweige der Geologie gemacht. In demselben Maße aber, als das Mikroskop einen Einblick in den feineren Bau und die Zusammensetzung der Gesteine gewährte, vollzog sich auch in den Ansichten über die Entstehung der Gesteine ein gewaltiger Umschwung.

Der Streit zwischen Neptunisten und Vulkanisten wurde bedeutungslos, nachdem man sich über die vulkanische Entstehung des Basaltes und der sogenannten Trappgesteine geeinigt hatte. Es ist kein geringes Verdienst von C. C. v. Leonhard, in einer schön ausgestatteten Monographie (1832) die Uebereinstimmung des Basaltes[36]) wenigstens in seinem geologischen Auftreten und seinen Contactwirkungen mit ächt vulkanischen Gesteinen überzeugend nachgewiesen zu haben. Gegen Ende der dreißiger Jahre war, Dank der Beobachtungen von Al. v. Humboldt,

L. v. Buch, Poulett-Scrope, Elie de Beaumont u. A. nicht nur der vulkanische Ursprung von Basalt, Trachyt, Trapp, Porphyr, Melaphyr, Phonolith und verwandter Gesteine allgemein anerkannt, sondern auch für die körnigen Massengesteine, wie Granit, Syenit, Diorit, Diabas, schloß man sich mehr und mehr der Hutton'schen Anschauung an, indem man ihre feurige Entstehung unter besonderen Bedingungen als gesichert annahm.

Gegen die pyrogene Entstehung des Granits erhoben sich allerdings auch nach Werner's Tod von verschiedener Seite Bedenken. So glaubte Keilhau (1826) in der Nachbarschaft von Christiania den Beweis führen zu können, daß der dortige Granit aus der Umwandlung von Thonschiefer hervorgegangen sei.[37]) Einen scharfen Angriff gegen die Entstehung des Granites aus einem feurigflüssigen Magma machte (1837) der Münchener Chemiker Joh. Nep. Fuchs.[38]) Unter Hinweis auf die Thatsache, daß man auf künstlichem Wege durch Schmelzversuche noch niemals ein granitähnliches Gestein erhalten habe, wenn auch einzelne Granitbestandtheile in Hochöfen erzeugt worden seien, und in Anbetracht der Zusammensetzung des Granits aus leicht- und strengflüssigen Mineralien, die keineswegs nach dem Grad ihrer Schmelzbarkeit zur Ausscheidung gelangten, erklärte Fuchs die Entstehung des Granits aus einem Schmelzfluß für absolut unmöglich. Als es nun im Jahre 1845 Schafhäutl gelang, unter Anwendung von überhitztem Wasser im Papin'schen Topf Quarz künstlich herzustellen, erhielt die von Fuchs vertheidigte Entstehung des Granits und ähnlicher Gesteine aus einem mit Wasser durchtränkten amorphen Magma eine neue Stütze. Der Einwand freilich, wonach alle Gemengtheile eines Gesteins nach dem Grade ihrer Schmelzbarkeit erstarren müßten, wurde von Fournet[39]) durch seine Theorie der „Surfusion" zu beseitigen gesucht, nach welcher geschmolzene Substanzen unter gewissen Bedingungen bei Temperaturen, die tief unter ihrem Erstarrungspunkt liegen, flüssig bleiben können. Durocher[40]) nahm unter Berufung auf Fournet's Surfusionstheorie an, der Schmelzfluß des Granits sei ursprünglich eine homogene Masse (Magma) gewesen, die noch bis zu einer dem Schmelzpunkt des Feldspaths nahekommenden Temperatur flüssig bleiben konnte. Erst bei ca. 1500° C. trat eine Ausscheidung von Feldspath, Quarz und Glimmer ein, die je nach ihrer Krystallisationstendenz aber nahezu gleichzeitig erstarrten. Daraus erkläre sich die spätere Bildung des

Quarzes als des leicht schmelzbaren Feldspaths, die mit der Ausscheidung von krystallinischem Graphit aus Roheisen verglichen werden könne. Auch Bunsen ist später (1861) dafür eingetreten, daß der Erstarrungspunkt eines mit anderen Substanzen zu einer Lösung verbundenen Körpers von dem relativen Verhältniß der sich gelöst haltenden Substanzen und außerdem von Druck abhängig sei, so daß also unter Umständen eine schwer schmelzbare Substanz nach einer leichter schmelzbaren zur Ausscheidung gelangen könne.

Gegen die rein pyrogene Entstehung des Granits trat der geistvolle Chemiker und Geologe Th. Scheerer (1847) in einer epochemachenden Abhandlung[41]) auf. Seine Hauptargumente sind: 1. das Vorhandensein von ausgeschiedenem Quarz. Dies sei undenkbar bei der Erstarrung einer schmelzflüssigen Silicatmischung; 2. die Reihenfolge in der Ausscheidung von Feldspath und Quarz. Auf die Fournet'sche Surfusionstheorie, nach welcher der strengflüssigere Quarz länger in Lösung bleiben könne als der leichter schmelzbare Feldspath, legt Scheerer kein Gewicht, da sie bei Silicatmischungen experimentell nie erprobt wurde. 3. Die Anwesenheit von sogenannten pyrognomischen Mineralien (Orthit, Gadolinit), welche beim Anblasen mit dem Löthrohr einmal mit heller Flamme aufleuchten, um dann für immer diese Eigenschaft zu verlieren.

Scheerer macht ferner darauf aufmerksam, daß mehrere Bestandtheile des Granits Wasser chemisch gebunden enthalten. Dieses Wasser ist nach Scheerer ursprünglich und befand sich bereits in dem Magma, aus dem der Granit hervorging. War aber letzteres, wie mit Sicherheit anzunehmen ist, einem hohen Druck ausgesetzt, welcher das Entweichen des überhitzten Wassers verhinderte, so ist es wahrscheinlich, daß unter dem Einfluß desselben das Granitmagma bei einer viel niedrigeren Temperatur flüssig bleiben konnte als bei Einwirkung trockener Hitze. Aus dem wässerigen Granitbrei schieden sich zuerst die Mineralien mit der stärksten Krystallisationstendenz aus, das Wasser concentrierte sich in dem übrig bleibenden, immer saurer werdenden Grundmagma, und bei diesem Wasserüberschuß konnten sich Quarz und die pyrognomischen Mineralien unter Umständen erst bei einer Temperatur unter der Rothgluth ausscheiden.

Obwohl Durocher[42]) die rein pyrogene Natur des Granits gegen die Scheerer'schen Einwendungen zu retten suchte, so fand die hydato-pyrogene Entstehungstheorie doch rasch Beifall. In Deutsch-

land schloß sich Breithaupt (1849), in Frankreich Elie de Beaumont der Scheerer'schen Hypothese an. Letzterer wies (1847) mit Nachdruck[43]) auf die Wichtigkeit von heißem Wasser und sonstigen Dämpfen und Gasen, namentlich Chlor und Fluor (der sogenannten »agents minéralisateurs«) bei der Entstehung nicht nur des Granits, sondern überhaupt aller ächten Eruptivgesteine hin, und damit kamen Faujas de Saint-Fond, Menard de la Groye (1814), Breislak (1822) und Poulett-Scrope (1825) wieder zu Ehren, die ja ebenfalls Wasserdampf bei der Entstehung vulkanischer Gesteine in Anspruch genommen hatten.

Einen scharfen Vorstoß gegen die feurig-flüssige Entstehung des Granits, Syenits, Porphyrs, ja sogar des Basaltes, machte G. Bischof (1851) im zweiten Band seiner physikalischen und chemischen Geologie. Nach einer gründlichen Erörterung der chemischen Zusammensetzung, Eigenschaften und Umwandlungen der felsbildenden Mineralien, kommt er zum Ergebniß, daß mit Ausnahme von Augit und Leucit alle übrigen auf wässerigem Wege ohne erhöhte Temperatur und unter normalem Druck entstehen können und nur ausnahmsweise auch auf feurigem Wege zu Stande kommen. Dieses, sowie die übereinstimmende Zusammensetzung vieler Eruptivgesteine mit gewissen Sedimentgebilden (Thonschiefer, Grauwake), ferner die Wechsellagerung des Granits mit Gneiß und sedimentären Schiefern veranlaßte Bischof zu der schon von Keilhau (1825) und Virlet d'Aoust (1846) vertretenen Schlußfolgerung, Granit und Syenit seien Umwandlungsprodukte aus Thonschiefer. Auch Diabas und sogar Melaphyr und Basalt sind für Bischof nur durch wässerigen Einfluß umgewandelte kieselsäurearme Thonschiefer oder Thone.

Auf die Seite Bischof's stellte sich C. W. C. Fuchs (1862) in einer gediegenen Abhandlung über die mineralogische und chemische Beschaffenheit des Granits im Harz.[44]) Er betrachtet denselben als Umwandlungsprodukt aus sedimentärer Grauwake durch Wasser, wobei zuerst Hornfels und sodann ächter Granit entstehe. Zwischen beiden seien alle denkbaren Uebergänge zu beobachten. Auch C. Vogt hat (1863) in seiner Nordfahrt die Granite Norwegens wegen ihrer Einlagerung im geschichteten Gneis für metamorphische Gebilde erklärt. Schon früher (1854) hatte O. Volger die Umwandlung von Kalkstein in Granit nachzuweisen versucht. Houghton meinte (1862), der Granit sei ein durch nachträgliche wässerige Metamorphose um-

gewandeltes pyrogenes Eruptivgestein; zum gleichen Resultate gelangte fast zehn Jahre später A. Knop.[45])

Von H. Rose wurde 1859 ein neuer gewichtiger Einwurf gegen die pyrogene Entstehung der granitischen Gesteine erhoben.[46]) Er zeigte, daß der Quarz nach seiner Schmelzung in eine amorphe Modification der Kieselsäure übergehe und sein ursprüngliches specifisches Gewicht von 2,6 in 2,2 verändere. Da nun der Quarz im Granit u. s. w. stets ein specifisches Gewicht von 2,6 aufweise, so sei damit seine Ausscheidung aus einem trockenen Schmelzfluß undenkbar.

Die von Scheerer in geistvoller Voraussicht theoretisch begründete Entstehung des Granits auf hydato-pyrogenem Wege sollte bald eine experimentelle und eine morphologische Bestätigung erhalten. Ausgehend von den eigenthümlichen Veränderungen, welche sedimentäre Gebilde bei der Berührung oder in der Nachbarschaft mit Eruptivgesteinen aufweisen (Contact- und Regional-Metamorphismus) sucht A. Daubrée[47]) zu zeigen, daß weder Hitze allein, wie Hutton angenommen hatte, noch Dämpfe und Gase genügen, um diese Umwandlungen hervorzurufen, sondern daß Wasser, und zwar unter hohem Druck überhitztes Wasser, das wichtigste Agens beim Metamorphismus der Gesteine sei. Zum Beweis für diesen Satz führte Daubrée eine Reihe von denkwürdigen Experimenten durch. Eine mit Wasser nicht vollständig gefüllte und darauf an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre wurde in ein starkes, wohlverschlossenes Eisenrohr gebracht und alsdann längere Zeit einer der Rothgluth nahekommenden Temperatur ausgesetzt. Schon nach wenigen Tagen wurde die Glasröhre stark angegriffen, blättrig und theilweise durch Entziehung von Kieselerde, Thonerde und Natron unter Aufnahme von Wasser in ein zeolithisches Mineral umgewandelt. Daneben entstanden eine Menge kleiner, wohl ausgebildeter Quarzkrystalle. Die Glasröhre selbst war in den weniger zersetzten Parthieen von einer Fülle von Mikrolithen und Diopsidkryställchen durchsetzt oder zeigte theilweise sphärolithische Struktur. Durch andere Versuche erhielt Daubrée unter Anwendung von überhitztem Wasserdampf Orthoklas und eine glimmerartige Substanz. Damit war der Beweis geliefert, daß die Bestandtheile des Granits auf hydato-thermischem Wege entstehen können.[48]) Fast gleichzeitig mit den Daubrée'schen Untersuchungen wies Sorby (1858) in mikroskopischen Dünnschliffen von Granit große Mengen von Wasserporen im Quarz nach und schloß

daß das durchwässerte Granitmagma ungefähr bei dunkler Rothgluth und unter Mitwirkung von hohem Druck entstanden sei. Nachdem überdies Delesse (1857) in einer Abhandlung[49]) über den Metamorphismus auf den großen Unterschied der Contactwirkungen des Granits und der Laven hingewiesen, einen feurig-flüssigen Zustand des ursprünglichen Granitmagmas verneint und dessen Plasticität durch Wasser unter hohem Druck erklärt hatte, gewann die Theorie der hydato-pyrogenen Entstehung des Granits und der krystallinischen Massengesteine von körniger Struktur überhaupt immer festeren Boden. Sie wurde 1866 in F. Zirkel's Lehrbuch der Petrographie vertheidigt und auch von C. F. Naumann in der zweiten Auflage seines Lehrbuchs der Geognosie angenommen.

Die seit 1860 blühende mikroskopische Gesteinsuntersuchung machte allen Theorien, massige Gesteine mit Porphyrstruktur auf wässerigem Wege entstehen zu lassen, ein Ende, indem sie die völlige Uebereinstimmung von Basalt, Phonolith, Trachyt, Melaphyr, Porphyr u. s. w. mit ächt vulkanischen Laven nachwies. Auch die namentlich in Frankreich durch Sénarmont, Daubrée, Sainte-Claire-Deville, Fouqué, Michel-Lévy, Bourgeos und Friedel mit großem Erfolg betriebene künstliche Herstellung felsbildender Mineralien führte zum Ergebniß, daß sich die Mehrzahl der in den älteren körnigen Gesteinen verbreiteten Bestandtheile, wie Quarz, Orthoklas, Mikroklin, Amphibol, Kaliglimmer, Turmalin, Cordierit nur unter Mitwirkung von Wasserdämpfen, Flußsäure, Chlor u. s. w. erzeugen lassen, während die in vulkanischen und porphyrischen Gesteinen vorkommenden Mineralien, wie Olivin, Augit, Enstatit, Hypersthen, Wollastonit, die verschiedenen Plagioklase, Melilith, Nephelin, Leucit, Magnesiaglimmer, Granat, Magnetit, Eisenglanz, Spinell, Tridymit u. a. aus trockenen Schmelzflüssen erstarren. Im Jahre 1878 wurde endlich durch Fouqué und Michel-Lévy[50]) das Problem, Eruptivgesteine aus Schmelzflüssen ohne Anwendung von überhitztem Wasser herzustellen, gelöst, indem sie die chemischen Bestandtheile derselben in einem Platintiegel schmolzen, den Schmelzfluß dann 48 Stunden lang einer dem Schmelzpunkt nahe kommenden Temperatur aussetzten und darauf langsam erkalten ließen. Die auf solchem Wege erzeugten Erstarrungsprodukte stimmten vollständig mit gewissen Augit-Andesiten, Leucit- und Nephelin-Gesteinen überein und enthielten die Mehrzahl der darin vorkommenden Mineralien in wohl ausgebildeten Krystallen.

Mit diesen wichtigen Ergebnissen erweiterte sich allerdings die Kluft zwischen den bereits von Faujas, Cordier und Brongniart als plutonische Gebilde bezeichneten Gesteinen von körniger Struktur und den jüngeren vulkanischen Eruptivgesteinen mit porphyrischer Struktur. Für die ersteren kam die von Hutton angenommene Erstarrung in großer Tiefe und unter hohem Druck wieder zur Geltung, und 1886 bezeichnete Rosenbusch dieselben geradezu als Tiefengesteine, im Gegensatz zu den Gang- und Ergußgesteinen. Wesentlich gefördert war diese Auffassung durch den Nachweis intrusiver Eruptivstöcke, sogenannter Laccolithen, zwischen Sedimentärgesteinen in den Henry Mountains durch G. Gilbert[51]), sowie durch die Untersuchungen von E. Reyer[52]) über Massenergüsse und die dabei entstehenden „Schlieren", d. h. mineralogisch und texturell von einander abweichende Magmapartien, die durch allmähliche Uebergänge mit einander verbunden und meist durch eruptive Nachschübe in den tieferen und inneren Theilen der Eruptivmassen entstanden sind.

Nachdem die eruptive Entstehung der krystallinischen Massengesteine keiner principiellen Controverse mehr unterworfen war, richtete sich das Interesse der Petrographen mit besonderer Vorliebe der chemischen Beschaffenheit der Gesteinsmagmen und den Vorgängen während ihrer Erstarrung zu, um daraus Aufschluß über ihre Entstehung und Herkunft zu erlangen. Die chemische Untersuchung von massigen Gesteinen wurde, wie bereits S. 730 bemerkt, von Abich, Delesse, G. Bischof angebahnt und ganz besonders von Rob. Bunsen gefördert. Aus den zahlreichen Bauschanalysen von isländischen Gesteinen folgerte Bunsen (1851), daß dieselben zwei gesonderten Herden entstammen, von denen der eine das saure (normaltrachytische), der andere das basische (normal-pyroxenische) Magma enthält. Alle Gesteine Islands, welche in ihrer Zusammensetzung nicht einer der beiden Gruppen entsprechen, sind aus der Vermischung beider hervorgegangen. Mittelst einer einfachen Formel kann nach Bunsen aus dem bekannten Kieselsäuregehalt eines solchen Mischgesteins die Menge des darin enthaltenen normal-trachytischen und normal-pyroxenischen Materials berechnet werden. Streng, Kjerulf u. A. schlossen sich der Bunsen'schen Theorie an, verallgemeinerten sie und wandten sie auf sämmtliche Eruptivgesteine an. Sartorius von Waltershausen deutete (1853) die chemische Verschiedenheit der isländischen Gesteine nicht wie Bunsen durch die Existenz von zwei räumlich getrennten Herden,

sondern durch ihre Herkunft aus verschiedener Tiefe, in denen das unterirdische Magma je nach dem specifischen Gewicht in der Art vertheilt ist, daß die leichteren kieselsäurereichen Gemische die höheren, die schwereren basischen die tieferen Regionen einnehmen. Auch Durocher[63]) erklärte (1857) die verschiedenartige chemische und mineralogische Zusammensetzung der Eruptivgesteine durch die Annahme von zwei nach dem specifischen Gewicht gesonderte Magmazonen, eine obere sauere und eine untere basische, die durch Uebergangszonen miteinander verbunden sind. Durch einen im Erdinnern stattfindenden Saigerungsproceß (Liquation) und gelegentliches Einschmelzen von benachbarten Magmen entstehen verschiedenartige Spaltungsprodukte, die entweder durch Eruptionen sofort an die Oberfläche befördert werden oder längere Zeit in der Tiefe verbleiben.

Für ein einheitliches primäres Grundmagma, aus dessen Differenzierung und Vermischung die verschiedenen Gesteinsteige hervorgehen, hatten sich bereits Poulett-Scrope (1825), Ch. Darwin (1844) und J. Dana (1849) ausgesprochen. Auch J. Roth hält (1869) die plutonischen Gesteine für Spaltungs- und Differenzierungsprodukte eines einzigen Urmagmas, die jedoch erst nach ihrer Eruption durch raschere und langsamere Erstarrung ihre gegenwärtige Beschaffenheit erhielten. Iddings vergleicht die in ihrer mineralogischen Zusammensetzung begründete Affinität der verschiedenen Erstarrungsgesteine eines Eruptivdistriktes aus einem gemeinsamen Magma mit der Blutsverwandtschaft der Organismen.

Entscheiden sich die meisten Geologen in neuester Zeit für die Annahme eines einzigen Urmagmas, aus welchem die verschiedenen „Gesteinsfacies" durch Spaltung und Differenzierung hervorgegangen sind, so herrscht über die Art und Weise, wie sich diese Spaltungen vollzogen haben, doch noch große Meinungsverschiedenheit. Von Wichtigkeit für die Lösung dieser Frage ist die genaue Kenntniß der Vorgänge während der Verfestigung von Eruptivgesteinen. Experimentelle Erfahrungen hatten bereits Spallanzani, J. Hall und G. Bischof belehrt, daß durch rasche oder langsame Erstarrung geschmolzener Silikatmischungen und durch Anwendung von Druck sehr verschiedenartige, bald glasige, schlackige oder krystallinische Produkte entstehen können. Ist nach den Experimenten von A. Daubrée für die Bildung der älteren körnigen Eruptivgesteine nur mäßige Temperatur bei Anwesenheit von Wasserdämpfen erforderlich, so scheinen

nach Fouqué's und Lévy's Versuchen die jüngeren Ergußgesteine mit porphyrischer Struktur durch langsame Erstarrung eines feuerflüssigen Magmas entstanden zu sein. Den Vorgängen während der Verfestigung der Gesteine und namentlich der Reihenfolge in der Ausscheidung der einzelnen Bestandtheile hatten schon Dolomieu und Poulett-Scrope ihre Aufmerksamkeit gewidmet; aber erst die eingehenden Untersuchungen der letzten Jahrzehnte gewähren einen genaueren Einblick in diese schwer zu ermittelnden und verwickelten Vorgänge. Seitdem Fournet und Bunsen nachgewiesen haben, daß die felsbildenden Mineralien in den Eruptivgesteinen keineswegs nach der Reihenfolge ihres Schmelzpunktes zur Ausscheidung kommen müssen, suchte man nach anderen Kriterien, um die Reihenfolge der Erstarrungsprodukte zu ermitteln. Es galt zunächst von den eigentlichen Bestandtheilen eines Gesteins alle diejenigen Mineralien auszuscheiden, welche als fremde Elemente oder vor der Verfestigung in das Magma gekommen sind, ferner diejenigen, welche nach der Erstarrung eines Gesteins aus dessen Gemengtheilen auf sekundärem Wege, insbesondere durch wässerige Infiltration, gebildet wurden. Auf diesem Gebiete haben sich H. Fischer, J. Roth, G. Bischof, Delesse, F. Zirkel, Iddings, Brögger u. A. Verdienste erworben.

Rosenbusch[54]) bestreitet (1890) die Möglichkeit, durch Mischung zweier Magmen die stoffliche Verschiedenheit der Eruptivgesteine zu erklären. Nach sorgfältiger Prüfung einer großen Anzahl von Gesteinsanalysen sucht er die mannigfaltigen Eruptivgesteine als Spaltungsprodukte eines einheitlichen Urmagmas zu deuten. Da sich gewisse Stoffe in schmelzflüssiger Lösung gegenseitig in bestimmten Magmenverhältnissen bedingen und ausschließen, so kommen die Beziehungen der verschiedenen Gesteine am deutlichsten durch die Menge der in ihnen enthaltenen Metallatome zum Ausdruck. Aus einer etwas complicierten Berechnungsmethode erhält Rosenbusch eine Gruppierung der Gesteine in solche, welche das Maximum ihrer Spaltungsfähigkeit erreicht haben und als sogenannte „Kerne" zu betrachten sind, und solche, bei denen die Spaltung noch nicht vollständig stattgefunden hat. Das „Foyaitmagma" stellt einen Kern von der Formel (Na, K) Al Si_2 dar, und da man dieses Magma in Form von Tiefen-, Gang- und Erguß-Gesteinen (Eläolithsyenit, Phonolith und Leucitophyr) kennt, so scheint es nicht weiter spaltungsfähig zu sein. An dieses Magma schließen sich durch Vermittelung der Augitsyenite und Rhomben-

Porphyre gewisse granitische Magmen an, welche Quarz abzuscheiden vermögen. Es folgen dann die granitdioritischen Magmen ꝛc. Wo spaltungsfähige Magmen im Erdinnern vorhanden sind, werden sich je nach der Beschaffenheit der entstehenden Kerne und Mischungen im Gebiete desselben Eruptivcentrums mannigfaltige Gesteinsbildungen vollziehen, wo dies nicht der Fall, werden ganz unabhängig von der geologischen Periode stets dieselben Gesteinsmassen entweder in der Tiefe krystallisieren oder zu Tage gefördert. J. Roth[55]) bemängelt sowohl die von Rosenbusch zur Begründung seiner „Kerntheorie“ getroffene Auswahl von Gesteinsanalysen, als auch die ganze Methode der Berechnung. Er schließt seine sehr eingehende Widerlegung mit den Worten: „Ich kann den Werth der Kerne, die z. Th. Schalen von 6—27 % besitzen und nur dazu dienen, um mittelst künstlichster Rechnungen und Zerschlagungen die silikatischen Gemengtheile abzuleiten, schon um deswillen nicht hoch anschlagen, weil schon im ersten Kern Natron und Kali zusammengeworfen werden und eisenoxydhaltige Mineralien aus den Kernen nicht abgeleitet werden können.“

Auch Iddings (1892) vermag die Rosenbusch'sche Kerntheorie nicht anzuerkennen.[56]) Er meint, das Urmagma habe sich in mehrere Magma-Reservoire von abweichender Beschaffenheit gespalten und aus den letzteren seien dann durch Differenzierung die verschiedenen Gesteinsmischungen hervorgegangen.

Ueber die genetische Reihenfolge der Bestandtheile eines Gesteins während dessen Verfestigung gelten gewisse Grundsätze, die jedoch meist keine absolute Gültigkeit besitzen und darum auch bei ihrer Anwendung vielfachen Widerspruch hervorgerufen haben. Von jeher hat man die am vollkommensten auskrystallisierten Mineralien als die zuerst gebildeten betrachtet, während solche, die in ihrer Ausbildung durch andere gehemmt erscheinen, für jünger als jene angesehen werden. Sind Mineralien in einem anderen eingeschlossen, so müssen sie vor der Erstarrung des letzteren vorhanden gewesen sein. Mineralien ohne alle Einschlüsse gehören meist der ersten Erstarrungsgeneration an. Durchdringen sich zwei Mineralien in inniger Verwachsung, so spricht dies für gleichzeitige Entstehung derselben. Bei den Gesteinen mit Porphyrstruktur sind die größeren Einsprenglinge meist älter als das Magma. Nach diesen Principien wurden zuerst von Fouqué und Michel-Lévy verschiedene Generationen von Mineralien unterschieden und die Zahl der Mineralgenerationen zur Unterscheidung der

Gesteine von granitoidischer und porphyrischer Struktur verwerthet. Aus einer großen Menge von Einzelbeobachtungen ist es gelungen, für die felsbildenden Mineralien Successionsfolgen zu ermitteln, aus denen sich ergibt, daß gewisse Gesteinselemente wie Magnetit, Titaneisen, Rutil, Apatit, Zirkon, Spinell, Olivin meist zu den frühesten Ausscheidungsprodukten gehören und in der Regel den Augiten, Hornblenden, Feldspathen und dem Quarz vorausgehen. Nach Rosenbusch erfolgt bei den Tiefengesteinen die Ausscheidung jedes einzelnen Bestandtheils in einem einzigen Zeitabschnitt; es gibt darum auch im Gegensatz zu den Ergußgesteinen von jedem derselben nur eine einzige Generation. Die Bildungsperioden der verschiedenen Gemengtheile folgen sich entweder so, daß vor vollendeter Ausscheidung des einen diejenige eines anderen nicht stattfand, oder aber weit häufiger derart, daß der Beginn einer jüngeren Mineralausscheidung eine gewisse Zeit vor dem Abschluß der nächst älteren eintrat. Im Allgemeinen beginnt die Verfestigung mit der Krystallisation der Erze und accessorischen Bestandtheilen, darauf folgt die Bildung der farbigen, eisen- und magnesiahaltigen Silikate (Olivin, Glimmer, Augit, Hornblende ɛc.), dann die der feldspathigen Mineralien und zuletzt die der freien Kieselsäure. Bei den Ergußgesteinen folgen die krystallinen Ausscheidungen nach abnehmender Basicität in der Art, daß in jedem Augenblick der Gesteinsbildung der noch vorhandene Krystallisationsrückstand saurer ist als die Summe der bereits auskrystallisierten Verbindungen. Im Allgemeinen herrscht übrigens in jeder Generation dieselbe Successionsfolge wie bei den Tiefengesteinen, etwa mit der Einschränkung, daß im Allgemeinen die in geringer Menge vorhandenen Bestandtheile zuerst auskrystallisieren. Teall geht von der Hypothese aus, daß in den Gesteinen mit hohem und mittlerem Kieselsäuregehalt die gelösten Bestandtheile eine sogenannte „eutektische“ Mischung darstellen und als solche gleichzeitig bei einer Temperatur fest werden können, die unter ihrem Schmelzpunkt liegt. Sind sie dagegen nicht im eutektischen Verhältniß vorhanden, so scheiden sich die im Ueberschuß vorhandenen Substanzen so lange aus, bis die eutektische Mischung zu Stande kommt.

In einer wichtigen Abhandlung[57]) über die Natur der Glasbasis und der Krystallisationsvorgänge im eruptiven Magma hat Lagorio (1887) die porphyrischen Ergußgesteine nach ihrem Kieselsäuregehalt in fünf Abstufungen zerlegt und ihre Grundmasse getrennt von den

Ausscheidungen chemisch analysiert. Er gelangte dabei zu dem Ergebniß, daß die Ausscheidung der Mineralien im eruptiven Magma fast ausschließlich von der chemischen Zusammensetzung des letzteren, sowie von der Affinität und den Massenwirkungen der magmatischen Bestandtheile abhängig sei; daß dagegen Druck und hohe Temperatur nur einen untergeordneten Einfluß ausüben. Ein Gesteinsmagma läßt sich nach Lagorio am besten mit einer Legierung von Metallen oder mit einer Lösung von Salzen vergleichen. Dementsprechend sind die Mineralien als solche in der Grundmasse geschmolzen oder gelöst und scheiden sich beim Erkalten der Reihe nach im umgekehrten Verhältnis ihrer Löslichkeit aus. Ist ein Gesteinsmagma mit mehreren Verbindungen übersättigt, so entsteht beim Erkalten eine durch und durch krystalline Masse. Die Mineralien der zweiten Generation werden von denen der ersten Generation in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung nicht beeinflußt. Bei Gesteinen mit sphärolithischer Struktur zeichnen sich die Sphärolithe stets durch Acidität und beträchtlicheren Natriumgehalt aus.

Iddings[58]) vertritt (1889) ähnliche Anschauungen, legt jedoch auf Druck und Temperatur größeres Gewicht und schreibt gerade diesen Verhältnissen die Strukturverschiedenheiten zu, so daß also ein und dasselbe Magma unter Umständen in der Tiefe körnige, an der Oberfläche porphyrische Struktur erhalten kann.

Beispiele für Gesteinsübergänge, die sich lediglich durch Differenzierung ein und desselben Magmas erklären lassen, sind vielfach bekannt. So hatte Delesse bereits 1852 gezeigt, daß der Ballon d'Alsace in den Vogesen auf seinem Gipfel und in seinem Centrum aus Hornblendegranit besteht, der gegen außen in Syenit und schließlich in Diorit übergeht. An vielen thätigen und erloschenen Vulkanen gibt sich eine allmähliche Aenderung in den Eruptionsprodukten kund, so daß die Endglieder der aufeinander folgenden Ergüsse wesentlich verschiedene Gesteinsfacies darstellen. In den Rocky Mountains und in der Sierra Nevada erkannte[59]) v. Richthofen (1868) überall eine constante Succession von Propylit, Andesit, Trachyt, Rhyolith und Basalt, die durch alle späteren Beobachtungen amerikanischer Geologen bestätigt wurde. Dieser berühmten Abhandlung reihen sich die neueren Arbeiten Broegger's würdig an, welche über die mineralogische, strukturelle und chemische Beschaffenheit, über das geologische Vorkommen, den genetischen Zusammenhang, die Eruptionsfolge und die

Magmaspaltungen der Eruptivgesteine im südlichen Norwegen wichtige Aufschlüsse gewähren. Im Jahre 1890 theilt Broegger[60]) die Eruptivgesteine in der Gegend von Christiania in zwei Hauptreihen ein, wovon die jüngere nur basische Ganggesteine (Diabase) enthält, während die ältere aus sehr verschiedenen saueren und basischen Gesteinen besteht, die sich nach ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung wieder in fünf Gruppen oder Reihen zerlegen lassen. Sämmtliche Produkte dieser älteren Hauptreihe bilden eine geschlossene Serie ineinander übergehender petrographisch und chemisch nahe verwandter Gesteine und sind offenbar genetisch miteinander verbunden. Es sind Abkömmlinge aus einem ursprünglich einheitlichen Magma, das sich durch Spaltung in verschiedene Gesteinstypen differenziert hat. Die ältesten Glieder der genetischen Reihe sind basisch, die jüngsten stark sauer. Das Urmagma war nach Broegger eine hydatopyrogene, natronreiche Silicatlösung. Gegen Ende der Devonzeit fanden die ersten Spaltenausbrüche des noch ziemlich basischen Magma's statt, auf welche im Laufe der Zeit immer saurere Emporpressungen folgten. Die verschiedenen Magmen erstarrten bald in der Tiefe als Laccolithe, bald als Gänge, bald als Ergußgesteine in Form von Decken und verursachten mannigfache Contactmetamorphosen. Eine bestimmte, für alle Fälle zutreffende Reihenfolge in der Ausscheidung der Mineralien ließ sich zwar nicht feststellen, doch enthält die Broegger'sche Abhandlung auch in dieser Hinsicht wichtige Beobachtungen.

Eine spätere Abhandlung Broegger's[61]) behandelt die südnorwegischen Ganggesteine der Grorudit-Tinguait-Reihe nach ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung und Entstehung. Dieselben nehmen eine Mittelstellung zwischen Tiefen- und Ergußgesteinen ein und stellen entweder als erstarrtes Tiefengesteinsmagma oder als Spaltungsprodukte desselben (Aschiste und Diaschiste) Glieder einer zusammengehörigen Reihe dar. Auf Grund einer vergleichenden Studie der Gegend von Predazzo in Südtirol erklärt Broegger (vgl. S. 405 und 406) die berühmten triadischen Monzonite, Granite und Hypersthenite als laccolithisch erstarrte Tiefengesteine und Aequivalente der benachbarten Ergußgesteine (Melaphyr, Augitporphyrit und Plagioklasporphyrit) und betrachtet sie als eine mit den Eruptivgesteinen bei Christiania analoge Serie von Magmadifferenzierungen.

Während also Rosenbusch, Broegger, Iddings, Williams u. A. geneigt sind, den Gegensatz zwischen den sogenannten plutonischen

und vulkanischen Gesteinen vollkommen abzuschwächen und in den Erguß- und Tiefengesteinen ein und derselben Gesteinsserie lediglich unter besonderen Bedingungen erstarrte Facies des gleichen Magmas erkennen, die an keine geologische Periode gebunden sind, betont Zirkel (1893) die Verschiedenheiten zwischen den gleichmäßig körnigen Tiefengesteinen und den porphyrischen oder glasigen Ergußgesteinen und erhebt namentlich gegen die von Rosenbusch aufgestellten Gesetze der Successionsfolge bei den Ausscheidungsprodukten mancherlei Bedenken.

Im Allgemeinen steht die Petrographie der Eruptivgesteine gegenwärtig unter dem Zeichen der Magmaforschung und hier harren noch viele schwierige Probleme der Lösung.

Ueber die Entstehung der eigentlichen Schichtgesteine, welche theils aus den Zerstörungsprodukten präexistierender Gesteine, theils aus der Anhäufung organischer Reste hervorgehen, gewähren die Vorgänge in der Jetztzeit so überzeugende Aufschlüsse, daß eine Meinungsverschiedenheit darüber kaum noch besteht. Ein dunkles Gebiet der Geologie bildet dagegen die Genesis der krystallinischen Schiefergesteine, die theilweise als sogenanntes Grundgebirge die ältesten Bestandtheile der Erdkruste darstellen. Sie beginnen zuunterst mit Gneiß und endigen nach oben in der Regel mit Phyllit. Schon im vorigen Jahrhundert hatten drei Hypothesen über ihre Entstehung Anhänger gefunden. Während die einen (Buffon, Breislak u. A.) im Anschluß an die Erdtheorien von Descartes, Leibniz und Kant-Laplace darin die ursprüngliche Erstarrungskruste erblickten, erklärten sie Werner, de Luc, Saussure, de la Métherie u. A. für die ältesten chemischen Ausscheidungen aus einem wässerigen Fluidum. Hutton hielt sie für normale Sedimentgesteine, welche unter Einfluß der inneren Erdwärme unter hohem Druck umgeschmolzen, metamorphosiert und krystallinisch geworden seien. v. Beroldingen erklärte den Gneiß für regenerirten Granit. Jede dieser Hypothesen findet auch heute noch ihre Vertheidiger, wenn auch nicht mehr in ihrer ursprünglichen Gestalt.

A. Boué modificierte (1822) in seiner geognostischen Beschreibung von Schottland die Hutton'sche Hypothese in der Art, daß er die krystallinischen Schiefergesteine zwar als normale Sedimentgesteine anerkennt, ihre jetzige Ausbildung aber nicht ausschließlich der Hitze, sondern auch der Einwirkung von Gasen und Dämpfen zuschreibt. Der Norweger Keilhau[37]) vertritt (1823) die Ansicht, Gneiß und

krystallinische Schiefer seien, wie die meisten älteren Massengesteine, durch wässerige Umwandlung ohne jeden Druck oder Temperaturerhöhung aus älteren, vorhandenen Gesteinen hervorgegangen. In den Jahren 1826—1828 machten Studer und Elie de Beaumont in den Schweizer- und Savoyer-Alpen die Beobachtung, daß dort nicht nur Gneiß und Glimmerschiefer unveränderte sedimentäre Gesteine bedecken, sondern daß auch versteinerungsführende krystallinische Schiefer von jüngerem Alter existieren, deren Beschaffenheit nicht durch den Einfluß der inneren Erdwärme erklärt werden könne. Studer meinte später (1855) die Umwandlung dieser Schiefer sei von außen nach innen erfolgt und Elie de Beaumont vergleicht (1828) die umgeänderten Schiefer der Alpen mit einem halbverkohlten Holzscheit, an welchem man die Struktur der Holzfasern noch weit über die Stellen verfolgen kann, welche die Merkmale des unveränderten Holzes zeigen. Fr. Hoffmann fand (1830) krystallinische Schiefer mit Conglomeraten des Uebergangsgebirges wechsellagernd und ist geneigt, die zwischen Gneiß und Glimmerschiefer eingebettete Grauwacke für einen von der Umwandlung verschont gebliebenen Streifen des Schiefergebirges zu halten.

Ch. Lyell schließt sich (1833) im Wesentlichen der Hutton'schen Hypothese an, indem er die krystallinischen Schiefergesteine für Sedimentärgebilde erklärt, die in großer Tiefe durch hohe Temperatur und Druck, vielleicht auch durch elektrische und andere Wirkungen in einen halbflüssigen Zustand übergeführt wurden und eine neue Anordnung ihres Materials erlitten, wobei Schichtung und lamellare Struktur erhalten blieb, während die Spuren von Organismen verschwanden. Sie werden von Lyell unter der Bezeichnung metamorphische Gesteine zusammengefaßt. Gneiß und Glimmerschiefer sind durch Hitze und Contact mit Eruptivgesteinen umgeänderte Sandsteine, Thonschiefer metamorphosierter Schieferthon, körniger Kalk krystallinisch gewordener Kalkstein. Da die hohe Temperatur von unten nach oben wirkt, so haben auch die untersten Schiefergesteine die stärksten Umwandlungen erlitten. Unter Umständen können aber auch jugendliche Sedimente eine Metamorphose erleiden, so daß keineswegs alle krystallinischen Schiefer dem Grundgebirge angehören müssen.

Die Lyell'sche Doktrin bürgerte sich rasch ein und in den Lehrbüchern der Geologie findet man seit 1833 die krystallinischen Schiefer vielfach unter dem Namen metamorphische Gesteine aufgezählt.

Durch Elie de Beaumont wurde zuerst der Gegensatz zwischen dem allgemeinen oder normalen Metamorphismus und dem auf kleinere Zonen und namentlich auf die Berührungsregion von eruptiven und sedimentären Gesteinen beschränkte Contactmetamorphismus hervorgehoben. Der erstere erhielt später durch Daubrée die Bezeichnung Regionalmetamorphismus.

Joh. Nep. Fuchs läßt (1839) sowohl die krystallinischen Schiefer, als auch Granit, Syenit, Porphyr u. s. w. aus einem amorphen, halbstarren Urbrei entstehen, worin durch Kieselsäure und Kohlensäure sämmtliche Bestandtheile gelöst sind (vgl. S. 247 und 248). Diese neptunistische Hypothese hat wenig Beifall gefunden, dagegen führte J. Dana (1843) im heißen Wasser ein neues, ungemein wichtiges metamorphosierendes Agens ein. Er vergleicht Gneiß mit den Tuffen vulkanischer Gesteine und meint, vor und während der Graniteruptionen sei granitisches Material in ascheartigem Zustand ausgeschleudert worden und habe sich unter dem Einfluß von überhitztem Wasser zu Gneiß und Glimmerschiefer cementiert.

Unklar sind die Ansichten von Fournet (1833) und Virlet. Ersterer hält Glimmerschiefer für die erste Abkühlungskruste der Erde. Darunter erstarrte dann der Granit, welcher Theile des Glimmerschiefers durch Abgabe von Feldspathmaterial zu Gneiß „exomorphosierte". Virlet sieht (1837) im Granit die ursprüngliche Erstarrungskruste, über welcher sich Sedimente ablagerten, die unter dem Einfluß des Erdfeuers theils in verschiedene krystallinische Schiefer theils in Massengesteine, wie Porphyr oder Diorit umgewandelt wurden. Die Quarzlinsen im Gneiß sind nach Virlet und Fournet Injectionen von geschmolzener Kieselsäure. Nach Durocher (1846) stellen Gneiß und krystallinische Schiefer umgewandelte Sedimente dar, die durch mäßige, aber lange dauernde Erwärmung unter Mitwirkung von elektrischen Strömen, Dämpfen und hohem Drucke über der granitischen Erstarrungskruste ihre jetzige Beschaffenheit angenommen haben. In manchen Fällen hat der Granit die Gneißformation „gebadet und sich nach allen Richtungen in dieselbe ergossen". G. Bischof (1847—1854) beansprucht wie Keilhau lediglich eine lange anhaltende Durchwässerung der ältesten Sedimente, um daraus durch chemische Umwandlung krystallinische Schieferung herzustellen. Aus thonigen Sedimenten läßt er Thonschiefer und aus diesem später bei längerer Wirkung der chemischen Agentien Glimmer-

schiefer hervorgehen. Daß bei einem derartigen Durchwässerungsproceß alle Grenzen zwischen den Schiefergesteinen verwischt sein müßten, hat Bischof nicht beachtet. Scheerer[41]) nimmt (1847) an, die normalen krystallinischen Schiefer seien aus Sedimenten durch Umschmelzen unter Wasser und hohem Drucke entstanden. Den Gneiß des Erzgebirges hält er für ein an Ort und Stelle metamorphosiertes Gebilde, während der rothe Gneiß bei seiner Umwandlung zugleich eruptiv wurde. In vielen Fällen bildet übrigens der Gneiß nach Scheerer die ursprüngliche unter Mitwirkung von Wasserdämpfen entstandene Erdkruste. Auch B. v. Cotta hält einen Theil des Gneiß für Erstarrungskruste, die krystallinischen Schiefer aber für das letzte Resultat eines Umwandlungsprocesses, der alle diejenigen Sedimentablagerungen betroffen hat und noch fortwährend betrifft, welche durch neuere Ablagerungen mehr oder weniger stark bedeckt wurden. Druck und Wärme, vielleicht auch noch in Verbindung mit Wasser, bewirken nach Cotta die Umwandlung. Wo also krystallinische Schiefer die Erdoberfläche bilden, sind sie nachträglich gehoben und ihrer Decke beraubt worden. C. F. Naumann ist (1850) der Ansicht, Gneiß und krystallinische Schiefer stellten die ursprüngliche Erstarrungskruste dar, gesteht aber später Wasser und Wärme bei ihrer Entstehung eine gewisse Mitwirkung zu. Er erklärt (1847) manche Gneiße in Uebereinstimmung mit Poulett-Scrope, Ch. Darwin, Fournet, Cotta, Frapolli u. A. für eruptiv, worin ihm später Kjerulf und namentlich Joh. Lehmann in seinem durch prachtvolle Abbildungen illustrierten Werk über die altkrystallinischen Schiefergesteine mit besonderer Bezugnahme auf das sächsische Granulitgebirge, Erzgebirge, Fichtelgebirge und bayerisch-böhmische Grenzgebirge (Bonn 1884) beipflichteten.

Delesse[62]) bekennt sich (1861) als Anhänger der metamorphischen Schule und führt die Gesteinsumwandlungen auf hohe Temperatur, Wasser, Druck und Molekularwirkungen zurück. Die erste vulkanische Erstarrungsrinde wurde durch die heftige Einwirkung des condensierten heißen Wassers zerstört und lieferte Sedimente von sehr großer Mächtigkeit. Aus diesen gingen durch Metamorphose Gneiß und die krystallinischen Schiefer hervor, die ihrerseits wieder plastisch werden und sich zu plutonischen Gesteinen umwandeln konnten. Letztere sind somit nicht die Ursache, sondern die Folge des Metamorphismus.

Aehnliche Anschauungen vertritt auch A. Daubrée (1857). Er hält es für wahrscheinlich, daß die erste, aus feuerigem Fluß erstarrte Erdkruste von dem heißen Wasser des Urozeans durchdrungen wurde und daß sich alsdann die Bestandtheile des Gneiß und der ältesten krystallinischen Schiefer aus der durchweichten breiartigen Masse ausschieden. Die jüngeren Schiefergesteine (Chloritschiefer, Glimmerschiefer, Phyllit) des Urgebirges sind nach Daubrée aus vorsilurischen Sedimenten unter der metamorphosierenden Einwirkung von Druck und überhitztem Wasser hervorgegangen. Auch die Metamorphose der jüngeren alpinen krystallinischen Schiefer schreibt Daubrée dem Einfluß von überhitztem Wasser zu.

Sterry-Hunt geht wieder mehr auf Hutton zurück und leitet alle krystallinischen Schiefer von sedimentären Sandsteinen, Schieferthonen und Kalksteinen ab, die durch Hitze unter Mitwirkung von Wasser und Druck umgewandelt wurden. Sterry-Hunt sucht die dabei eintretenden chemischen Processe zu erklären und zugleich nachzuweisen, daß auch die Eruptivgesteine nichts anderes als metamorphosierte Sedimente seien, die, nachdem sie durch Hitze, Wasser und Druck plastisch geworden, die darüber liegenden Sedimente durchbrachen und die Form von eruptiven Massengesteinen annahmen.

Die mikroskopische Untersuchung von Glimmerschiefer führte H. Cl. Sorby (1856) zur Vermuthung, daß derselbe wahrscheinlich durch Einwirkung von Wasser, hoher Temperatur und Druck aus Schieferthon hervorgegangen sei. Die schieferige Struktur erklärt Sorby durch mechanischen Druck. Auch Hitchcock glaubt (1861) bei der Metamorphose krystallinischer Schiefergesteine nicht nur hohe Temperatur, Wasser und chemische Einwirkung, sondern auch mechanische Druckwirkung annehmen zu müssen.

F. Zirkel[63]) kommt nach einer sorgfältigen kritischen Erörterung aller Hypothesen über die Entstehung der krystallinischen Schiefer zu dem Ergebniß, daß es wahrscheinlich ursprünglichen und metamorphischen Gneiß gäbe. Bei der Entstehung des ersteren waren Wasser und Schmelzfluß betheiligt; er bildete die erste Erstarrungskruste und konnte unter Umständen, namentlich in der Umgebung von Granit, dessen eruptive Entstehung theilen. Der metamorphische Gneiß ist entweder durch Contactmetamorphose unter Mitwirkung von heißem Wasser aus Thonschiefer und Grauwacke hervorgegangen oder aus der unterirdischen Umwandlung von Sedimentschichten durch einfache,

aber noch räthselhafte Durchwässerungsprocesse entstanden. Aehnliche Genesis nimmt Zirkel auch für Granulit und die übrigen krystallinischen Schiefergesteine an, doch hält er Glimmerschiefer, Chloritschiefer und Phyllit zum größten Theil für metamorphosierte Sedimente.

Für C. W. C. Fuchs sind (1870) nicht nur Gneiß und die krystallinischen Schiefer, sondern auch Granit aus der Metamorphose von Sedimentgebilden hervorgegangen.

Einen neuen Gedanken zur Erklärung der Entstehung von Schiefergesteinen verwerthet in geistvoller Weise C. Lossen. Schon bei seinen Untersuchungen der Taunusschiefer (1867) war er zum Ergebniß gelangt, die meisten krystallinischen Schiefer seien unter dem Einfluß von mechanischen gebirgsbildenden Processen auf nassem Wege aus normalen Sedimenten entstanden. Gneiß und Glimmerschiefer sind durch Druck umgewandelte und schieferig gewordene Facies der ursprünglichen granitischen Erstarrungskruste. Lossen hat seine Theorie des „Dislocationsmetamorphismus" später durch langjährige Untersuchungen im Harz weiter begründet und den Nachweis geliefert, daß dieselben Gesteine, welche als krystallinische Contactschiefer beobachtet werden, auch als ausgedehnte normale Schiefergesteine in weiter Verbreitung auftreten können.

Auf den Unterschied zwischen Schichtung und Schieferung, namentlich in kryptokrystallinischen Gesteinen, hatten Lasius und Voigt schon im vorigen Jahrhundert hingewiesen, ohne eine genügende Erklärung dafür geben zu können. Sedgwick[64]) (1822 und 1835) schrieb die Schieferung polaren Krystallisationskräften zu, die nach einer bestimmten Richtung thätig sind. J. Phillips wies[65]) auf die Verzerrung von Versteinerungen in Schiefergesteinen hin und meinte, die Schieferung sei durch eine langsame Bewegung (Kriechen) der kleinsten Theilchen eines Gesteins nach einer bestimmten Richtung hervorgerufen worden. Die Gebrüder Rogers zeigten (1837), daß die Schieferungsflächen in den Alleghanies der Haupterhebungsaxe dieses Gebirges parallel laufen, schließen sich aber bezüglich der Erklärung dieser Erscheinung den Ansichten Sedgwick's an. Bergmeister Baur in Eschweiler erklärte (1846) die Schieferung in der rheinischen Grauwacke durch lateralen Seitendruck. Zum gleichen Ergebniß gelangte 1847 unabhängig D. Sharpe. Sorby[66]) ahmte (1853) die Schieferung durch Druckexperimente mit verschiedenem Material nach,

so daß über die Möglichkeit, Schieferstruktur durch Druck zu erhalten, kein Zweifel mehr obwalten kann. Spätere Versuche von Tyndall (1856) und Daubrée (1861) bestätigten und ergänzten die Resultate der Sorby'schen Experimente. Wenn darum Lossen Druck als wesentlichstes Agens für die Entstehung der Schiefergesteine in Anspruch nahm, so konnte er sich nicht nur auf Erscheinungen in der Natur, sondern auch auf das Experiment berufen. Neu an seiner Theorie ist die Annahme, daß der Gebirgsdruck nicht nur die vorhandenen Bestandtheile nach einer bestimmten Richtung umordnet, sondern daß er zugleich unter Mitwirkung von Wasser chemische Processe einleitet, welche die mehr oder weniger vollständige Metamorphose eines Gesteines bewirken. Lossen's Anschauungen wurden von A. Heim[67]), Baltzer[68]), A. Renard[69]), H. Reusch[70]) u. A. getheilt und von diesen Autoren dem Gebirgsdruck die wesentlichste metamorphosierende Einwirkung zugeschrieben. Gosselet[71]) nimmt daneben auch noch überhitztes Wasser als wichtiges Agens in Anspruch.

Fast gleichzeitig mit Lossen suchte C. W. v. Gümbel[72]) nachzuweisen, daß Gneiß und krystallinische Schiefer als die ältesten, unter eigenthümlichen Bedingungen entstandenen Sedimentbildungen zu betrachten seien, welche ihre mineralogische Beschaffenheit und Struktur durch die Vereinigung ihrer in einem durch überhitztes Wasser breiartigen Schmelzfluß gelösten Bestandtheile (Diagenese) während der Abkühlung erhalten haben. Gümbel betrachtet die Schieferung von Gneiß, Glimmerschiefer und die der übrigen Schiefergesteine des bayerischen Waldes nicht als eine später erworbene Eigenthümlichkeit, sondern als wirkliche Schichtung und zeigt, daß die Aufeinanderfolge der verschiedenen Schiefergesteine, sowie ihre Wechsellagerung und Uebergänge nur mit ächten geschichteten Sedimentgesteinen verglichen werden können. Gewisse Massengesteine, wie Granit, Syenit, Diorit u. a. finden sich bald regelmäßig zwischen den Schiefergesteinen eingelagert, bald als unzweifelhaft eruptive Intrusivmassen, Gänge oder Stöcke. Da dieselben auch in ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung mit Gneiß und anderen Schiefern übereinstimmen, so muß ihr Material unter gleichen Bedingungen entstanden sein. Gümbel nimmt darum an, daß sich das in großer Tiefe befindliche breiartige Magma entweder als geschichteter Gneiß, Lagergranit oder Eruptivgranit ausbilden konnte.

Justus Roth*) bekämpft[73]) (1890) alle Hypothesen, welche die krystallinischen Schiefer durch chemische oder mechanische Metamorphose oder Diagenese hervorgehen lassen und erklärt dieselben als Bestandtheile der ursprünglichen Erstarrungskruste. Die ganze Reihe der krystallinischen Schiefer ist nach Roth als eine geologisch einheitliche, wenn auch petrographisch theilbare, in gleicher Weise entstandene Bildung aufzufassen. Ihre mineralogische und chemische Zusammensetzung stimmt mit jener der älteren Eruptivgesteine überein. Allerdings fehlen ihnen gewisse Bestandtheile wie Nephelin, Leucit, Melilith, Sodalith, während andere in Schiefern verbreitete Mineralien, wie Chlorit, Talk, Sericit, Epidot, Cyanit, Staurolith, Vesuvian u. a. wenigstens nicht zu den primitiven Elementen der Eruptivgesteine gehören. Die compacte Struktur, das Fehlen jeglicher amorpher oder glasiger Grundmasse sprechen im Verein mit der mineralogischen Zusammensetzung für eine plutonische, hydro-pyrogene Entstehung der Schiefergesteine. Ihre schieferige und gefaltete Beschaffenheit ist das Ergebniß der Contraction der sich abkühlenden Erdkruste und des dadurch hervorgerufenen Druckes. Die in den Schiefern eingelagerten Linsen von Amphibolit, Eklogit, Olivinfels, Quarz, Kalkstein und Dolomit sind wie die angeblichen Gerölle als besondere Ausscheidungen gleichzeitig mit dem Nachbargestein entstanden. Auch die mikroskopische Untersuchung spricht nach Roth für eine gleichzeitige Entstehung aller die Schiefer zusammensetzenden Mineralien.

Joh. Lehmann schließt sich in seinem (S. 763) bereits erwähnten Werk an Lossen an und demonstriert die Wirkungen des Dislocationsmetamorphismus an einer großen Anzahl trefflicher Abbildungen von Gneiß- und Schieferdünnschliffen. Die krystallinischen Schiefergesteine zerfallen nach Lehmann in zwei Gruppen, wovon die verschiedenen Modificationen von Gneiß, Granulit, Felsit- und Amphibolschiefer als Erstarrungsgesteine entstanden sind und ihre

---

*) Roth Justus Ludwig Ad., geboren 1818 in Hamburg, studierte in Berlin und Tübingen Pharmacie und Naturwissenschaften, übernahm 1845 die väterliche Apotheke, zog aber schon 1848 nach Berlin, um sich ganz der Geologie zu widmen; gehörte zu den Gründern der deutschen geologischen Gesellschaft, habilitierte sich 1861 als Privatdocent in Berlin, wurde 1867 außerordentlicher und 1887 ordentlicher Professor für Petrographie und allgemeine Geologie; starb am 1. April 1892.

Struktur durch Druck erhalten haben. Jedem der genannten Schiefergesteine entspricht ein plutonisches Massengestein (Granit, Granitit, Syenit, Diorit, Gabbro), aus welchem dasselbe hervorgegangen ist und mit dem es durch Uebergänge verbunden sein kann. Die übrigen Schiefergesteine wie Gneißglimmerschiefer, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer, Phyllit ꝛc. sind durch Dislocationsmetamorphose hochgradig veränderte Gesteine, die entweder wie die Gneißglimmerschiefer durch Injection oder Imprägnation mit granitischem Material ihren Charakter erhalten oder wie die übrigen ohne wesentliche Zufuhr fremden Materials entstanden sind. Das ursprüngliche Substrat dieser metamorphischen Schiefer ist unbekannt, doch sind sie einerseits mit den Erstarrungs-, anderseits mit ächten klastischen Sedimentgesteinen innig verbunden. Einer bestimmten, präcambrischen geologischen Periode gehören die metamorphischen Schiefer des sogenannten Urgebirges nicht an, ihre Metamorphose hängt vielmehr mit den verschiedenen Gebirgserhebungen zusammen.

R. Lepsius[74]) betrachtet (1893) die krystallinischen Schiefergesteine nebst dem eingelagerten Marmor in Attika für metamorphische Bildungen und bezeichnet als die Hauptfactoren für den Gesteinsmetamorphismus 1. Wasser als chemisches Lösungsmittel, 2. höhere Temperatur, 3. Druck, um das überhitzte Wasser festzuhalten und dessen Lösungsfähigkeit zu erhöhen, und 4. lange Zeitdauer für die chemischen Umsätze in den Gesteinen.

Für die Entstehung des krystallinischen schieferigen Grundgebirges durch Gebirgsdruck oder Dynamometamorphose tritt mit großer Entschiedenheit H. Rosenbusch[75]) ein, und zwar beschränkte er (1889) die metamorphische Wirkung des Gebirgsdruckes nicht auf die sedimentären Bildungen, sondern betrachtet wie Lehmann Gneiß, Hornblendeschiefer und andere krystallinische Schiefergesteine als durch Druck schieferig gewordene Eruptivgesteine (Granit, Syenit, Diorit). Rosenbusch bestreitet die Möglichkeit, Gesteine von der mineralogischen Beschaffenheit und Struktur des Grundgebirges durch chemische Ausscheidung aus einem mit überhitztem Wasser durchtränkten Urbrei oder Ozean entstehen zu lassen. Auch die Schieferstruktur ist kein ausschließliches Merkmal des Grundgebirges, sondern findet sich auch bei sedimentären Ablagerungen jüngeren Alters, sowie bei massigen Tiefengesteinen. Aus der allgemeinen Verbreitung und stratigraphischen Stellung des Grundgebirges geht hervor, daß es in seinen tieferen

Theilen die erste Erstarrungskruste der Erde darstellt. Aus der übereinstimmenden mineralogischen Zusammensetzung, sowie der Wechsellagerung des Urgebirgs und der älteren Eruptivgesteine läßt sich schließen, daß das erstere wenigstens theilweise aus massigen Tiefengesteinen hervorgegangen sei. Während aber bei den letzteren in der Ausscheidungsfolge der mineralischen Bestandtheile eine Gesetzmäßigkeit herrscht, drückt die Zusammensetzung und Mineralverbindung der Schiefergesteine lediglich eine mechanische Anordnung aus. Die Strukturformen der krystallinischen Schiefer sind darum nicht chemische, sondern wesentlich mechanische. In chemischer Hinsicht stimmen die krystallinen Schiefer theils mit massigen, theils mit sedimentären Gesteinen überein und stammen höchst wahrscheinlich von den verschiedensten Tiefen-, Erguß- und Sedimentärgesteinen und eruptiven Tuffen ab. Das umwandelnde Princip, dem sie ihre schieferige Struktur verdanken, ist Druck, also „Dynamometamorphismus". In den „Elementen der Gesteinslehre" (1898) definiert Rosenbusch die krystallinen Schiefer als „unter wesentlicher Mitwirkung geo-dynamischer Phänomene zu geologischer Umgestaltung gelangte Eruptivgesteine oder Sedimente" und unterscheidet das Grundgebirge als eine eigene, selbständige Formation im Gegensatz zu den jüngeren Schiefern, welche als locale Facies verschiedener Sedimentformationen auftreten.

Gegen diese Anschauungen erheben Herm. Credner[76]) und F. Zirkel[77]) Einsprache, indem sie zwar die Umwandlung gewisser Granite zu „gneißoiden" Gesteinen zugeben, für die Entstehung des eigentlichen Urgebirges aber den Dynamometamorphismus ablehnen. Credner findet es schwer begreiflich, wie die constante Aufeinanderfolge der Schiefergesteine des Urgebirges das Produkt eines dem Wechsel und den Zufälligkeiten ausgesetzten Quetschungs- und Durchwässerungsprocesses sein sollte. Zirkel macht darauf aufmerksam, daß das typische Grundgebirge oder auch jüngere Schiefergesteine in manchen Gebieten nur geringe Spuren von Gebirgsdruck verrathen, während Sedimentärgesteine oft die gewaltigsten tektonischen Störungen und Pressungen erlitten haben, ohne ihre ursprüngliche Beschaffenheit in nennenswerther Weise zu verändern.

Für die Dynamometamorphose sprechen sich in neuester Zeit eine Anzahl angesehener Petrographen, wie Broegger, Sauer, Salomon, Duparc, C. Schmidt, Weinschenk, Grubemann, Riva u. A. aus. Mit besonderem Erfolg hat W. Salomon[78])

die Contacterscheinungen bei alpinen Tiefengesteinen, namentlich in der Adamellogruppe, studiert und gezeigt, daß verschiedenartige Nachbargesteine auf viele hundert Meter Entfernung metamorphosiert und in krystallinische Schiefer umgewandelt werden können. Salomon kommt auf Grund mehrjähriger Studien am Adamello, an der Cima d'Asta, in der Umgebung von Predazzo, Brixen, Klausen u. s. w. zu dem Ergebniß, daß die körnigen Tiefengesteine der Tiroler Centralalpen nicht wie Broegger u. A. angenommen hatten, ein triadisches Alter besitzen, sondern erst in der Tertiärzeit emporgebrochen und in Form von Laccolithen und Batholithen erstarrt seien, wobei sie ihre Nachbarschaft vielfach zu krystallinischen Schiefern umgestalteten und möglicher Weise die letzte Hebung der Alpen bewirkten.

Die Untersuchungen von E. Weinschenk[79]) im Gebiete des Großvenedigers beschäftigen sich ebenfalls in sehr eingehender Weise mit Erscheinungen der Contactmetamorphose und mit den Beziehungen der im Schiefergebirge eingelagerten Peridotite und Serpentine. Die ersteren sind als intrusive, in vorhandene Hohlräume eingepreßte Massengesteine zu betrachten, die daselbst unter dem Einfluß des Gebirgsdruckes zu Tiefengesteinen erstarrten, nachträglich durch die fortdauernde Einwirkung der Gebirgsfaltung eine innere Zermalmung erlitten und theilweise durch heiße Dämpfe und überhitzte Lösungen in Serpentin umgewandelt wurden. Die sogenannten Centralgranite der Alpen lassen häufig die Wirkungen von Gebirgsdruck erkennen und sind meist von schieferigen Randzonen umgeben, die theils aus ursprünglichen Bestandtheilen des Granits, theils aus Mineralien bestehen, welche sich während des Erstarrungsprozesses unter dem Einfluß des zusammenfaltenden Gebirgsdruckes durch „Piëzokrystallisation“ gebildet haben.

Obwohl die Hypothese des Dynamometamorphismus in den letzten Jahren zahlreiche Anhänger gefunden hat, so erscheint die Frage nach der Entstehung der krystallinischen Schiefer und des Grundgebirges doch noch keineswegs abgeschlossen. Sie steht gegenwärtig im Mittelpunkt der Discussion und eignet sich darum wenig für eine historische Darstellung.

Anmerkungen zum 6. Kapitel der 4. Periode.

[1]) Brongniart Al. Essai de classification minéralogique des Roches melangées. Annales des Mines 1813. Bd. XXXIV.

[2]) Brongniart Al. Classification et caractères minéralogiques des roches homogènes et hétérogènes. Paris 1827.

[3]) Leonhard Carl Cäsar v. Charakteristik der Felsarten. Heidelberg 1823 u. 1824.

[4]) Cordier. Journal de Physique 1815. tome 83. p. 135.

[5]) Ehrenberg C. G. Bildung der europäischen, libyschen und arabischen Kreide und des Kreidemergels aus mikroskopischen Organismen. Berlin 1839.

[6]) Ehrenberg C. G. Mikrogeologie. Berlin 1854.

[7]) Naumann C. F. Lehrbuch der Geognosie. Leipzig 1850. Bd. 1.

[8]) Cotta Bernh. v. Die Gesteinslehre. Freiberg 1855.

[9]) Bischof G. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 1. Aufl. in 2 Theilen (4 Bände). Bonn 1848—1855. 2. Aufl. 3 Bände. Bonn 1863—1866.

[10]) Bunsen Rob. Poggendorff's Annalen 1851. Bd. 83. S. 197.

[11]) Roth Justus. Die Gesteinsanalysen in tabellarischer Uebersicht und mit kritischen Erläuterungen. Berlin 1861.

[12]) Quart. journ. geol. Soc. 1850. VII. 1.

[13]) ibid. 1858. XIV. S. 453.

[14]) Zirkel Ferd. Ueber Phonolithe. Annal. d. Physik u. Chemie 1867. Bd. 131. S. 298.

[15]) Zirkel Ferd. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1867. XIX. S. 737.

[16]) Zirkel Ferd. ibid. 1868. XX. S. 97.

[17]) Streng A. Ueber die Unterscheidung von Nephelin und Apatit. Tschermak's mineralog. Mittheilungen 1876. 3. — Ueber Isolierung von Mineralien eines Dünnschliffs behufs mikrochemischer Untersuchung. XXII. Ber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde 1883. S. 260.

[18]) Bořicky E. Elemente einer chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Archiv der naturw. Landesdurchforschung von Böhmen 1877. Bd. III. Abtheil. V.

[19]) Behrens H. Mikrochemische Methoden zur Mineralanalyse. Verslagen an Medeteel. k. Akad. Wetensch. Amsterdem 1881. XVII.

[20]) Haushofer K. Mikroskopische Reactionen. Braunschweig 1885.

[21]) Klement C. et Renard A. Réactions microchimiques à cristaux. Bruxelles 1885.

[22]) Fouqué F. Nouveaux procédés d'analyse médiate des roches etc. Mém. prés. à l'Acad. de Sciences XXII. 1875.

[23]) Thoulet J. Bull. Soc. minéral. de Fr. 1878. I. 157. — Contributions à l'étude des propriétés physiques et chimiques des minér. microscop. Thèse. Paris 1880.

[24]) Goldschmidt V. Beilage-Bd. I zum N. Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Paläont. 1881.

[25]) Stelzner Alfr. Die Entwickelung der petrographischen Untersuchungsmethoden in den letzten 50 Jahren. Mit besonderer Berücksichtigung der mechanischen Gesteinsanalyse. Festschr. d. Gesellschaft Isis in Dresden. 1885.

[26]) Lasaulx A. v. Elemente der Petrographie. Bonn 1875.

[27]) Lang O. Grundriß der Gesteinskunde. Leipzig 1877.

[28]) Fouqué F. et Michel-Lévy A. Minéralogie micrographique. Roches éruptives Françaises. Mém. pour servir à l'explication de la carte géol. détaillée de la France. Paris 1879.

[29]) Michel-Lévy A. et Lacroix Alfr. Les Minéraux des Roches. 1. Application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique par Michel-Lévy. 2. Données physiques et optiques par Michel-Lévy et Lacroix. Paris 1888.

[30]) Rosenbusch H. Hülfstabellen zur mikroskopischen Mineralbestimmung in Gesteinen. Stuttgart 1888.

[31]) Michel-Lévy et Lacroix. Tableaux des minéraux des roches, resumé de leurs propriétés optiques, cristallographiques et chimiques. Paris 1889.

[32]) Cossa Alf. Ricerche chimiche e microscopiche di roccie o minerali d'Italia. Torino 1881.

[33]) Rutley Frank. Rock-forming minerals. London 1888.

[34]) Teall J. J. Harris. British Petrography with special reference to the igneous rocks. London 1888.

[35]) Michel-Lévy A. Structures et classification des roches éruptives. Paris 1889.

[36]) Leonhard C. C. v. Die Basaltgebilde in ihren Beziehungen zu normalen und abnormen Felsmassen. 2 Bände mit Atlas. Stuttgart 1832.

[37]) Keilhau M. Darstellung der Uebergangsformation von Norwegen. Leipzig 1826. — Gaea Norvegica. 1838. I. S. 1—120.

[38]) Fuchs Joh. Nep. Ueber die Theorien der Erde. Münchener gelehrter Anzeiger 1838. Nr. 26—30.

[39]) Fournet. Comptes rendus 1844. t. 18. p. 1050 und Bull. Soc. géol. de France 1847. 2 ser. t. IV. p. 247.

[40]) Durocher. Comptes rendus 1845. t. XX. p. 1275.

[41]) Scheerer Th. Bull. Soc. géol. de France 1847. t. IV. p. 468.

[42]) Durocher ibid. p. 1018.

[43]) Elie de Beaumont. Sur les émanations volcaniques et métallifères. Bull. Soc. géol. de Fr. 1847. IV. p. 1249.

[44]) Fuchs C. W. C. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1862. S. 769 u. 897.

[45]) Knop A. Ueber die Bildungsweise von Granit und Gneus. Vortrag im naturwissenschaftl. Verein zu Carlsruhe. 1871.

[46]) Poggendorff. Annalen 1859. CVIII. 1.

[47]) Daubrée A. Observations sur le métamorphisme et recherches expérimentales sur quelques agents qui ont pu le produire. Annales des

Mines 1857. 5 sér. t. XII. p. 294 und Bull. Soc. géol. de Fr. 1858. 2 sér. t. XV. p. 97.

48) Daubrée A. Études et expériences synthétiques sur le métamorphisme et sur la formation des roches cristallins. Mém. de l'Acad. des Sciences, sav. et étrangers 1860. t. XXVII. (A. Daubrée, Synthetische Studien zur Experimental-Geologie von Ad. Gurlt. Braunschweig 1880.)

49) Annales des Mines 1857. 5 sér. t. XII.

50) Fouqué F. et Michel-Lévy. Reproduction des Feldspaths par fusion et par maintien prolongé à une température voisine à celle de la fusion. Comptes rendus 1878. t. 87. p. 700. — Reproduction artificielle des Feldspaths et d'une roche complexe par voie de fusion ignée ibid. 1878. p. 779. — Production artificielle de la Népheline et Amphigène etc. ibid. 1878. p. 961.

51) Gilbert C. The Henry Mountains. Monograph of the U. S. geogr. and geol. Survey. Washington 1877.

52) Reyer E. Theoretische Geologie. Wien 1888.

53) Durocher. Annales des Mines 1857. IX. p. 217.

54) Rosenbusch H. Ueber die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine. Tschermak, Mineral. u. petrogr. Mittheilungen 1890. XI.

55) Roth J. Die Eintheilung und die chemische Beschaffenheit der Eruptivgesteine. Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft 1891. Bd. XLIII. S. 1.

56) Iddings. The origin of igneous rocks. Bull. philos. Society. Washington 1892. XII. S. 89.

57) Lagorio A. in Tschermak's Mineral. u. petrogr. Mittheilungen 1887. VIII. S. 421.

58) Iddings. On the crystallisation of igneous rocks. Bull. philos. Soc. Washington 1889. XI.

59) Richthofen Ferd. v. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1868. XX. S. 663.

60) Broegger W. C. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie. 1890. Bd. XVI.

61) Broegger W. C. Die Eruptivgesteine des Kristiania-Gebietes. I. Die Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie. 1894. II. Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtirol. 1895. (Videnskabsselskabets Skrifter I. Mathem. naturv. Kl.)

62) Delesse A. Études sur le métamorphisme des Roches. Mém. pres. à l'Acad. d. Sc. XVII. 1861.

63) Zirkel im Lehrbuch der Petrographie 1866. Bd. II. S. 508.

64) Sedgwick. Geol. Trans. 2d ser. III. 461.

65) Phillips J. Rep. Brit. Association Cork. 1843.

66) Sorby H. Clifton. Edinb. New. Phil. Journ. 1853. LV. p. 137.

67) Heim A. Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. II. Basel 1878.

68) Baltzer A. Der mechanische Contact von Gneiß und Kalk im Berner Oberland. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. 20. Lieferung. Bern 1880.

[69]) Renard A. Les roches grénatifères et amphiboliques de la région de Bastogne. Bull. Mus. hist. natur. Belge. I. 1882. — Recherches sur la composition et la structure des Phyllades ardennais ibid. II. 1883.

[70]) Reusch H. Geologische Beobachtungen in einem regionalmetamorphosierten Gebiet am Hardangerfjord in Norwegen. Beilage-Bd. V z. N. Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 18.

[71]) Gosselet J. L'Ardenne. Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique dét. de la France. Paris 1888.

[72]) Gümbel C. W. v. Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges. 1868. S. 833—845 u. Grundzüge der Geologie. 1888. S. 380.

[73]) Roth Justus. Allgemeine und chemische Geologie. 1890. Bd. III. S. 7—22.

[74]) Lepsius Rich. Geologie von Attika. Ein Beitrag zur Lehre vom Metamorphismus der Gesteine. Berlin 1893.

[75]) Rosenbusch H. Zur Auffassung des Grundgebirges. Neues Jahrbuch für Mineralogie ꝛc. 1889. II. S. 81. — Tschermak, Mineral. u. petrograph. Mittheilungen 1891. XII. S. 51.

[76]) Credner H. Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellschaft 1890. B. 42. S. 602.

[77]) Zirkel Ferd. Lehrbuch der Petrographie. 1894. III. Bd. S. 176.

[78]) Salomon W. Geologische und petrographische Studien am Monte Aviolo. Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellsch. 1890. S. 450. — Ueber Einschlüsse metamorpher Gesteine im Tonalit. N. Jahrb. f. Min. Beilage Bd. VII. 1891. — Gequetschte Gesteine des Motirolo-Thales ibid. 1897. — Neue Beobachtungen aus den Gebieten der Cima d'Asta und des Adamello. Tschermak's mineralog. und petrogr. Mittheilungen 1891. XII. — Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen ibid. 1897. XVII.

[79]) Weinschenk E. Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen, speciell des Großvenediger-Stockes. I. II. Abhandl. d. k. bayer. Akad. II Cl. Bd. XVIII. 1894. — Ueber Serpentine aus den östl. Centralalpen und deren Contactbildungen. München 1891.

7. Kapitel.

Versteinerungskunde (Paläontologie).

Nachdem durch William Smith, Alex. Brongniart und Cuvier die Bedeutung der Versteinerungen als historische Denkmünzen zur Altersbestimmung der Sedimentgesteine erkannt und durch Blumenbach, Cuvier, Lamarck, Schlotheim u. A. die wissenschaftliche Untersuchungsmethode der Zoologie, vergleichenden Anatomie und Botanik auch auf die Ueberreste urweltlicher Organismen angewandt worden war, nahm die Versteinerungskunde einen mächtigen Aufschwung. Sie war nunmehr in die Reihe der wohl begründeten naturwissenschaftlichen Disciplinen eingetreten und hörte auf, der Tummelplatz dilettantischer Bestrebungen zu sein. Im Anfang der dreißiger Jahre erhielt die neue Wissenschaft fast gleichzeitig durch Ducrotay de Blainville und Fischer v. Waldheim[1]) die Bezeichnung Paläontologie, ein Name, welcher sich in Frankreich und England rasch einbürgerte, während man in Deutschland lange Zeit noch immer von Petrefaktenkunde und Petrefaktologie sprach.

Zwei Richtungen machten sich in der Paläontologie von Anfang an geltend, eine stratigraphische und eine biologische. Die erstere behandelt die Versteinerungskunde lediglich als Hilfswissenschaft der Geologie. Die fossilen Organismen dienen als Leitfossilien zur Altersbestimmung der verschiedenen Schichtgesteine und haben den gleichen Werth wie andere zu diesem Ziel führende Merkmale. Viele der hierher gehörigen Abhandlungen besitzen geringen biologischen Werth und sind nicht selten von Autoren abgefaßt, denen jede Vorbildung in Zoologie und Botanik fehlte. Von allgemeinerem Interesse sind Beschreibungen ganzer Faunen und Floren irgend eines bestimmten Zeitabschnittes

in der Entwickelungsgeschichte der Erde. Auch derartige Monographieen verfolgen zwar in erster Linie stratigraphische Zwecke, liefern jedoch werthvolles Material zur Herstellung einer Entwickelungsgeschichte der organischen Schöpfung. Die wichtigere Literatur dieser Art ist bereits in dem Abschnitt über Formationslehre (Stratigraphie) angeführt.[2])

Der erste Versuch einer chronologischen Darstellung der fossilen Organismen findet sich in H. G. Bronn's Lethaea geognostica (S. 582). Die Versteinerungen der fünf von Bronn angenommenen geologischen Perioden sind in systematischer Reihenfolge aufgezählt, beschrieben und zum großen Theil abgebildet. Diesem im Jahre 1835 begonnenen und 1838 vollendeten Werk, das in späteren Auflagen wesentlich erweitert wurde, folgte 1848 und 1849 ein Index palaeontologicus, worin unter Mitwirkung von Goeppert und H. v. Meyer sämmtliche damals bekannten Versteinerungen in alphabetischer und systematischer Anordnung, nebst Angabe der Literatur und Synonymik aufgezählt sind. Sowohl die Lethaea als auch der Index palaeontologicus sind Werke von staunenswerther Gelehrsamkeit und Literaturkenntniß. Sie haben einen großen Einfluß auf die Entwickelung der Paläontologie ausgeübt und schufen für mehrere Dezennien die Grundlage für alle zusammenfassenderen paläontologischen Arbeiten. Dem stets wachsenden Interesse für Versteinerungen verdanken mehrere andere großartige Unternehmungen ihren Ursprung. So zwischen 1812 und 1845 in England die schon S. 187 erwähnte Mineral Conchology of Great Britain der beiden Sowerby's, in Deutschland zwischen 1826 bis 1844 das prächtige Tafelwerk der Petrefacta Germaniae von A. Goldfuß und Graf zu Münster, in Frankreich die Paléontologie Française von Alcide d'Orbigny (1840—1855). Goldfuß*) und Münster**) wollten eine Iconographie aller in Deutschland vorkommenden Invertebraten liefern,

---

*) Goldfuß Georg August, geboren 1782 zu Thurnau bei Bayreuth; studierte in Erlangen, habilitierte sich dort 1804, wurde 1818 Professor der Zoologie in Erlangen und kurz darauf nach Begründung der Universität Bonn als Professor der Zoologie und Mineralogie dahin berufen; starb 1848 in Bonn.

**) Münster Georg Graf zu, geboren 1776, stammt aus Hannover, lebte als bayerischer Kammerherr in Bayreuth, starb daselbst 1844. Seine prachtvolle Petrefaktensammlung wurde vom bayerischen Staat erworben und kam nach München, wo sie den Grundstock des jetzigen paläontologischen Museums bildet.

scheiterten jedoch an dem Umfang ihrer Aufgabe und schlossen ihr Werk ab, nachdem die Spongien, Korallen, Crinoideen, Echiniden, und ein Theil der fossilen Muscheln und Schnecken erledigt waren. Auch d'Orbigny vermochte sein Riesenwerk, die Beschreibung und Abbildung aller in Frankreich vorkommenden fossilen Invertebraten nicht zu vollenden und mußte sich auf Monographieen der jurassischen und cretaceischen Cephalopoden, Gastropoden, der cretaceischen Lamellibranchiaten, Brachiopoden und Bryozoen und eines Theiles der cretaceischen Seeigel beschränken.

Im ersten Band des Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphique (1849) gibt d'Orbigny eine kurze systematische Uebersicht der fossilen Organismen und im Prodrome de Paléontologie ein nach Stufen geordnetes Verzeichniß der damals bekannten fossilen Mollusken, Strahlthiere, Spongien und Foraminiferen, das jedoch an Vollständigkeit weit hinter Bronn's Index palaeontologicus zurückbleibt.

Die genannten Werke befassen sich vorzugsweise mit Speciesbeschreibung und vermehren das paläontologische Material beträchtlich. In musterhafter Weise sucht die seit 1847 bestehende Palaeontographical Society in Einzelmonographieen sämmtliche in England vorkommenden Versteinerungen bekannt zu machen. Es sind bis jetzt 51 starke Quartbände von dieser Gesellschaft veröffentlicht, worin die verschiedenen Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreichs von den ersten Autoritäten, wie Rich. Owen, H. Milne-Edwards, E. Forbes, Davidson, H. Woodward, Ray Lankaster, Traquair, Hinde u. s. w. bearbeitet sind. Die Schriften der Palaeontographical Society nehmen in der periodischen paläontologischen Literatur wohl die erste Stelle ein, obwohl ihre Aufgabe auf die britischen Versteinerungen beschränkt ist. Einen universelleren Charakter trägt die im Jahre 1846 von W. Dunker und H. v. Meyer begründete Zeitschrift »Palaeontographica«, die seit drei Dezennien von K. v. Zittel fortgesetzt wird und gegenwärtig aus 46 Bänden besteht. Sie enthält größere Monographieen und kleinere Abhandlungen paläontologischen Inhaltes. Aehnliche Zeitschriften wurden später auch in Oesterreich-Ungarn, Frankreich und Italien ins Leben gerufen.

Unter den Werken, welche die Versteinerungen mehr nach ihrer biologischen als nach ihrer stratigraphischen Bedeutung berücksichtigen,

verdienen J. F. Krüger's urweltliche Naturgeschichte, ein alphabetisch geordnetes, durch kurze Beschreibungen erläutertes Verzeichniß aller bis 1825 bekannten Versteinerungen, Fr. Holl's kurzes Handbuch der Petrefaktenkunde (1831), Buckland's Mineralogy and Geology (1836), G. A. Mantell's Medals of Creation (2 Bände, 1844) und vor Allem F. J. Pictet's Traité élementaire de Paléontologie (Paris 1844—1846) Erwähnung. Buckland's weit verbreitetes, von Agassiz ins Deutsche übersetztes Buch zeichnet sich durch vorzügliche Abbildungen aus und enthält nach einer kurzen geologischen Einleitung, worin namentlich auch die Uebereinstimmung der geologischen Entdeckungen mit der heiligen Schrift betont wird, eine höchst anziehend geschriebene Uebersicht der fossilen Organismen, wobei vielfach auf ihre Lebensweise und ihr Verhältniß zu den jetzigen Erdbewohnern Rücksicht genommen ist. Pictet*) behandelt die Versteinerungskunde nicht in erster Linie als eine Hilfswissenschaft der Geologie, sondern als einen Theil der Zoologie, vergleichenden Anatomie und Botanik. Er beschränkt sich in seinem Werk auf die fossilen Thiere und liefert von diesen in streng systematischer Ordnung und unter stetem Hinweis auf die noch jetzt existierenden Formen eine mit großer Literaturkenntniß durchgeführte Darstellung. Das geologische Vorkommen der erwähnten Gattungen und Arten ist überall sorgfältig berücksichtigt, wenn auch die stratigraphische Bedeutung der Versteinerung gegenüber ihrer biologischen in Hintergrund tritt. Bei den Mollusken und Echinodermen folgt Pictet in der Regel den Anschauungen d'Orbigny's, bei den Wirbel-

---

*) Pictet François Jules, geboren am 27. September 1809, ist der Sprosse einer vornehmen Genfer Patrizierfamilie. Nach Vollendung seiner naturwissenschaftlichen und juristischen Studien an der Akademie in Genf begab er sich 1830 nach Paris, wo er mit Cuvier, Geoffroy-Saint-Hilaire, Blainville und v. Audouin viel verkehrte. 1833 wieder in Genf, beschäftigte er sich vorzugsweise mit Entomologie und vergleichender Anatomie und vermählte sich mit Fräulein de la Rive, einer Enkelin von Necker de Saussure. 1835 erhielt Pictet die Professur für Zoologie an der Akademie, zog sich aber 1859 zurück, um sich von da an fast ganz seinen paläontologischen Arbeiten und der Direction des naturhistorischen Museums zu widmen. Zwischen 1866 und 1868 übernahm er nochmals das Rectorat der Genfer Akademie und war zugleich Mitglied des Unterrichtsraths der polytechnischen Schule in Zürich; auch am politischen Leben nahm Pictet als Mitglied des Großen Raths von Genf, sowie des Bundes- und Nationalraths in Bern regen Antheil. Er starb am 15. März 1872.

thieren stützt er sich hauptsächlich auf die Arbeiten von Cuvier und Agassiz.

Das Pictet'sche Werk diente einer Reihe von Lehrbüchern, die in rascher Folge nach einander erschienen, als Muster. So schließt sich z. B. der Grundriß der Versteinerungskunde von H. B. Geinitz (1846) sowohl in der Anordnung und Behandlung des Stoffs, als auch in der Umgrenzung der Familien, Gattungen und Arten ziemlich genau an Pictet an. C. G. Giebel's*) allgemeine Paläontologie (1852) ist ein kurzer Leitfaden ohne selbständigen Inhalt, seine unvollendet gebliebene „Fauna der Vorwelt" (1847—1856) eine fleißig compilierte, systematische Aufzählung aller bekannten Wirbelthiere, Gliederthiere und Cephalopoden. F. A. Quenstedt's Petrefaktenkunde (Tübingen 1852) zeichnet sich durch eine Fülle neuer und feiner Beobachtungen, sowie durch einen Atlas mit vortrefflichen, größtentheils neuen Abbildungen aus und hat in drei Auflagen bis 1885 mehrere Generationen in das Studium der Versteinerungskunde eingeführt. Außer diesem Lehrbuch hat Quenstedt auch unter dem Titel Petrefaktenkunde Deutschlands zwischen 1846 und 1878 ein Sammelwerk über die fossilen Invertebraten veröffentlicht, worin seine reichen Erfahrungen über Cephalopoden, Gastropoden, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen und Spongien in sieben Textbänden und einem Atlas in Folio von 218 Tafeln niedergelegt sind. R. Owen's Paläontologie (1860) gewährt einen trefflichen Ueberblick der fossilen Wirbelthiere, die Wirbellosen dagegen sind ungenügend behandelt.

Die systematische biologische Richtung der Versteinerungskunde stand bis 1860 unter dem Einfluß der Cuvier'schen Theorie von der Unwandelbarkeit der Arten. Lamarck's kühne Hypothesen über Transmutation und Descendenz der organischen Formen fanden noch nicht den geeigneten Boden und blieben namentlich in paläontologischen Kreisen fast unbeachtet, obwohl H. G. Bronn, Quenstedt u. A. nicht an die starre Unveränderlichkeit der Arten und an die schroffe, durch Kataklysmen bedingte Abgrenzung der verschiedenen Schöpfungsperioden glaubten. Im Ganzen war übrigens die Periode zwischen

*) Giebel Christoph Gottfried Andreas, geboren 1820 in Quedlinburg, studierte in Halle, habilitierte sich daselbst 1848 für Paläontologie und Geologie. Nachdem er zweimal die Vertretung der Professur für Zoologie an Germar's und Burmeister's Stelle übernommen hatte, wurde er 1858 außerordentlicher und 1861 ordentlicher Professor der Zoologie in Halle; starb im November 1881.

1820 bis 1860 für die Paläontologie äußerst fruchtbar. Eine Fülle von neuen Formen wurde ihr durch die in voller Blüthe stehende stratigraphische Forschung zugeführt, und mit ihrer wissenschaftlichen Verarbeitung beschäftigten sich eine große Anzahl von Forschern.

Für die Kenntniß der fossilen Pflanzen hatte Schlotheim 1804 eine wissenschaftliche Grundlage geschaffen, auf welcher Graf Sternberg*) fortbaute. In seinem Hauptwerk „Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorzeit" (Regensburg und Prag 1820—1832) sind über 200 fossile Pflanzenarten beschrieben und auf 60 prächtigen Foliotafeln abgebildet. Sternberg sucht die fossilen Ueberreste in das botanische System einzufügen, bezeichnet sie nach den für die jetzt lebenden Pflanzen gültigen Regeln und verwirft die bisher übliche besondere Terminologie für die versteinerten Organismen. Sternberg hat sich um das Verständniß und die richtige botanische Deutung fossiler Pflanzen große Verdienste erworben und für eine wissenschaftliche Ausbildung der Paläophytologie den Weg gebahnt.

Ein Jahr nach dem Erscheinen der ersten Lieferung des Sternberg'schen Werkes begann Adolphe Brongniart**) seine bahnbrechenden Untersuchungen. Wie Sternberg, so vergleicht auch Brongniart die fossilen Formen unablässig mit den noch jetzt existierenden und gelangte darum auch zu ähnlichen Ergebnissen wie sein deutscher Zeitgenosse. Brongniart verfügte über ein weit größeres Material als Sternberg. Seine erste Abhandlung[3]) über die Classification und Verbreitung der fossilen Gewächse (1822) ist darum die vollständigste und wissenschaftlich beste Uebersicht der gesammten, bis dahin bekannten fossilen Pflanzenwelt. Ein großes, reich illustriertes Werk[4]), dessen Inhalt in einem »Prodrome« angekündigt wurde, sollte eine Ergänzung und weitere Ausführung der mehr skizzenhaften ersten

---

*) Sternberg Kaspar Maria Graf v., geboren am 6. Januar 1761 zu Serowitz (Böhmen), gehörte einem alten Adelsgeschlecht an, war Präsident des böhmischen Nationalmuseums, dem er seine Bibliothek und Sammlungen hinterließ; starb am 20. December 1838.

**) Brongniart Adolphe Théodore, geboren 1801 in Paris als Sohn des berühmten Geologen Alexandre Brongniart, studierte Medicin, beschäftigte sich aber vorzugsweise mit Botanik; wurde 1833 Professor der Botanik am Jardin des Plantes, 1852 Generalinspector der Universität von Frankreich; starb am 19. Februar 1876 in Paris.

Abhandlung bilden, ist jedoch leider unvollendet geblieben und enthält nur die monographische Beschreibung eines großen Theiles der Cryptogamen. In diesem Werk hat Brongniart ein Vorbild für die Methode paläophytologischer Forschung geschaffen. Obwohl Anhänger der Cuvier'schen Theorie, weist Brongniart doch auf eine successive Vervollkommnung der Floren in den verschiedenen aufeinander folgenden Erdperioden hin und glaubt, daß die anfänglich mit Kohlensäure übersättigte und warme Luft im Lauf der Zeit reiner und kühler geworden sei und darum weniger geeignet war für die massenhafte Entwickelung von Gefäßcryptogamen. Das pflanzliche Leben begann nach Ad. Brongniart auf kleinen Inseln im ältesten Urmeer; diese Inseln vereinigten sich später zu Festländern, bedeckten sich mit üppiger Vegetation, die immer vollkommenere Typen erhielt und sich mehr und mehr jener der Jetztzeit näherte. Die großen Aenderungen in den urweltlichen Floren und Faunen treten gleichzeitig ein und sind bedingt durch gewaltige Erdrevolutionen.

Zu eigenthümlichen Ergebnissen gelangten J. Lindley und W. Hutton durch das Studium der fossilen Flora Großbritanniens. Ihr unvollendetes, aus drei Octavbänden bestehendes Werk wurde zwischen 1831 und 1837 veröffentlicht und enthält gute Beschreibungen und Abbildungen der meisten carbonischen Gewächse. Die beiden Autoren leugnen die Existenz von Baumfarnen in der Steinkohlenformation, bezweifeln die Verwandtschaft der Calamiten mit den Equisetaceen und glauben in der Carbonflora neben den Coniferen auch Cactaceen, Euphorbiaceen und andere Dicotyledonen nachweisen zu können. Eine progressive Entwickelung der fossilen Floren wird durchaus in Abrede gestellt.

Brongniart und seine Vorgänger hatten bei der Bestimmung fossiler Pflanzen ausschließlich makroskopische Merkmale benutzt und die feineren Strukturverhältnisse wenig berücksichtigt. Eine kurze Dissertation von A. Sprengel[5]) (1828) über verkieselte Baumstämme (Psarolithen), welcher 1831 eine Abhandlung von Witham[6]) über die Struktur fossiler und recenter Hölzer und 1832 ein mit vielen Abbildungen versehenes Werk von B. Cotta[7]) über die Psaronien aus dem sächsischen Rothliegenden folgten, eröffneten durch Anwendung des Mikroskops ein neues Forschungsgebiet, das später von Corda[8]), Ad. Brongniart[9]), Goeppert, E. Schmid und Schleiden[10]), C. E. v. Mercklin[11]), E. W. Binney[12]) u. A. mit großem Erfolg

bebaut wurde. Corda's*) großes Werk[8]) enthält eine sorgfältige Darstellung der Strukturverhältnisse zahlreicher fossiler und recenter Hölzer, namentlich von Gefäßcryptogamen und zeichnet sich durch vortreffliche, vom Autor selbst gezeichnete Abbildungen aus. Die Abhandlung[9]) von Ad. Brongniart über die Struktur von Lepidodendron, Sigillaria und Stigmaria gilt noch heute als Muster einer feinen Beobachtungsmethode. Seine von K. Müller ins Deutsche übersetzte chronologische Uebersicht der Vegetationsperioden und der verschiedenen Floren in ihrer Nacheinanderfolge auf der Erdoberfläche ist die erste und vollständigste Zusammenstellung der fossilen Floren in den verschiedenen Erdperioden.

Auf der durch Brongniart geschaffenen Grundlage der Paläophytologie ruhen die zahlreichen und wichtigen Werke H. R. Goeppert's**), welche zwischen 1834 und 1884 erschienen. Kein anderer Forscher hat eine gleiche Anzahl von Schriften über fossile Pflanzen veröffentlicht, und kaum gibt es ein Gebiet der fossilen Botanik, auf welchem Goeppert nicht thätig war. Seine Monographieen über die Gattungen der fossilen Pflanzen (1841—1846), über die Floren des Uebergangsgebirges (1852), des Bernsteins (1845), der permischen Formation (1864—1866), des Tertiärs von Schlesien und Java, der fossilen Farnkräuter (1836) und Coniferen (1850), sowie seine trefflichen Untersuchungen über die Mikrostruktur fossiler Hölzer, Steinkohlen und Braunkohlen gehören zum Besten, was über fossile Pflanzen geschrieben ist.

Die schön illustrierten Werke von Germar über die Steinkohlenflora von Wettin und Löbejün bei Halle (1853), von A. v. Gutbier über die Pflanzen des Zwickauer Kohlengebirges (1835), von H. B. Geinitz über die Flora des Hainichen-Ebersdorfer Kohlenbassins (1854), der Steinkohlenformation von Sachsen (1854), über die Leitpflanzen des Rothliegenden und des Zechsteingebirges, von

---

*) Corda August Josef, geboren 1809 zu Reichenberg in Böhmen, studierte auf Veranlassung Al. v. Humboldt's in Berlin, wurde 1834 durch Graf Sternberg als Custos an das vaterländische Museum nach Prag berufen und erhielt 1847 durch Graf Colloredo die Mittel zu einer Reise nach Texas; fand 1849 während der Rückfahrt auf dem Atlantischen Ozean seinen Untergang.

**) Goeppert Heinrich Robert, geboren 1800 zu Sprottau in Niederschlesien, Dr. med., war ursprünglich Pharmaceut; 1827 Privatdozent, 1831 Professor der Botanik in Breslau; starb daselbst am 18. Mai 1884.

Goldenberg über die Pflanzenversteinerungen des Saarbrückener Kohlengebirges (1855), von Bunbury über die Steinkohlenflora von Neuschottland (1846 u. 1847), von Schimper und Mougeot über die Pflanzen des Vogesensandsteins (1844) und des Uebergangsgebirges der Vogesen (1862), von A. Schenk über die Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias in Franken, von Debey und Ettingshausen über die fossile Flora der Aachener Kreide und ähnliche Abhandlungen haben mehr stratigraphisches Interesse.

Im Vergleich zur Flora der älteren Formationen war anfänglich die Kenntniß jener der Tertiärzeit etwas zurückgeblieben. Diesem Mangel suchten neben Goeppert vornehmlich Jos. Unger, Al. Braun, Massalongo, Osw. Heer und Const. v. Ettingshausen abzuhelfen. Unger*) veröffentlichte zwischen 1841 und 1847 eine Chloris protogaea, worin mehr als 120 neue Arten von Tertiärpflanzen beschrieben, abgebildet und auf noch jetzt existierende Gattungen vertheilt werden. In einem zweiten Werk über die Flora von Sotzka sind auf 47 Foliotafeln eine große Zahl fossiler Tertiärpflanzen dargestellt und endlich in dem Sylloge plantarum fossilium (1860 bis 1866) findet man die Beschreibung und Abbildung von 327 tertiären Gewächsen. Die Synopsis plantarum fossilium (1845), wovon 1855 eine zweite Auflage erschien, gewährt einen Ueberblick über das phytopaläontologische Gesammtmaterial, und auf Grund dieser umfassenden Studien suchte Unger seine mit künstlerischem Verständniß entworfenen urweltlichen Vegetationsbilder herzustellen, die seitdem vielfach nachgeahmt wurden.

In ähnlicher Weise wie Unger förderte Alex. Braun (1845) die Kenntniß der Tertiärflora durch das Studium der bei Oeningen vorkommenden Pflanzenreste. Eine außerordentlich fruchtbare wissenschaftliche Thätigkeit entfaltete der Züricher Botaniker Osw. Heer.**) Seine ersten paläontologischen Arbeiten gehen bis 1847 zurück. Zwischen

---

*) Unger Franz, geboren 30. November 1800 zu Amthof (Steiermark), studierte in Prag und Wien Jura, Medicin und Naturwissenschaften, wurde 1827 Erzieher beim Grafen Colloredo-Mannsfeld, 1828 praktischer Arzt in Stockerau, 1835 Professor der Botanik und Zoologie in Graz, bereiste 1858 Aegypten; starb 1870 in Graz.

**) Heer Oswald, geboren am 31. August 1809 zu Niederutzwyl im Canton St. Gallen als Sohn des dortigen Pfarrers, studierte in Halle Theologie, habilitierte sich aber 1834 als Privatdocent für Botanik an der Universität Zürich;

1855 und 1859 erschien sein Meisterwerk, die Flora tertiaria Helvetiae in zwei Bänden mit einem Atlas von 155 Tafeln, worin nicht weniger als 900, großentheils neue Arten beschrieben sind. Mit seltener Sachkenntniß wußte Heer die verschiedenen Floren der Tertiärzeit zu reconstruieren, mit denen anderer Tertiärgebiete und der Jetztzeit zu vergleichen und daraus in geistvoller Weise die Temperaturverhältnisse und sonstigen klimatischen Bedingungen der Urzeit zu ermitteln. Die Resultate dieser wichtigen Untersuchungen wurden in einem populär wissenschaftlichen Werk, die Urwelt der Schweiz (1864), weiteren Kreisen zugänglich gemacht und erregten berechtigtes Aufsehen. Ein zweites Fundamentalwerk von O. Heer beschäftigt sich mit der fossilen Flora der arktischen Regionen. Es besteht aus einer größeren Anzahl selbständiger Abhandlungen in verschiedenen Sprachen und erschien zwischen 1869 und 1884 in sieben Quartbänden. Die Flora Arctica bildet nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Systematik der fossilen Flora, sondern hat wegen der daraus sich ergebenden Schlußfolgerungen auf die klimatischen Verhältnisse früherer Erdperioden in den arktischen Regionen ein hervorragendes geologisches Interesse. Heer spricht sich für eine allmähliche Annäherung der fossilen Floren an die lebende Schöpfung, sowie für eine fortschreitende Differenzierung und Vervollkommnung der Organisation aus. Der innere Grund für die Entwickelung der organischen Welt nach einem bestimmten Plan ist nach Heer vom Schöpfer in dieselbe gelegt. Die Veränderungen der Arten und Gattungen vollzogen sich nicht, wie Darwin meint, durch langsame Transmutation im Verlaufe von zahllosen Generationen, sondern sprungweise in bestimmten Schöpfungszeiten durch eine mehr oder weniger vollständige Umprägung der vorhandenen Arten des Thier- und Pflanzenreichs.

Die zahlreichen, zum Theil schön illustrierten Werke von Abramo Massalongo (zwischen 1850 und 1861) beziehen sich auf die Tertiärfloren von Ober- und Mittelitalien. Mit der Flora der britischen Steinkohlenformation und namentlich mit den Strukturverhältnissen der Kohlenpflanzen beschäftigten sich die Arbeiten von W. C. Williamson (1851—1868), mit der Carbonflora von Nordamerika

---

wurde 1852 Professor an der Universität und später auch am Polytechnicum daselbst. Zur Bekämpfung eines Lungenleidens brachte er 1852 acht Monate in Madeira zu, erkrankte aber 1870 von Neuem und starb am 27. September 1883 in Zürich.

jene des Sir William Dawson und des aus Neuchâtel ausgewanderten Leo Lesquereux; von letzterem sind auch Monographieen der fossilen Pflanzen aus der Kreide- (1874) und Tertiärformation (1878) von Nordamerika vorhanden.

Eine außerordentlich rührige Thätigkeit entfaltete seit 1850 Constantin v. Ettingshausen.*) Seine ersten Arbeiten behandeln die tertiären Pflanzen des Wiener Beckens und die Proteaceen der Vorwelt. Von großer Wichtigkeit für das Studium fossiler und recenter Blätter wurde das in der Wiener Staatsdruckerei erfundene Verfahren des Naturselbstdruckes, das Ettingshausen sofort im Interesse der Paläophytologie verwerthete. In einer Abhandlung über die Nervation der Blätter und blattartigen Organe bei den Euphorbiaceen mit besonderer Rücksicht auf die vorweltlichen Formen [13]) wies er auf die Bedeutung der Nervatur für die systematische Bestimmung von isolierten Blättern hin und schuf dafür eine besondere Terminologie. In der sechsbändigen, prachtvoll ausgestatteten und für die Pariser Ausstellung im Jahre 1867 hergestellten Physiotypia Plantarum Austriacarum liefern Ettingshausen und Pokorny eine durch Naturselbstdruck hergestellte Iconographie der Blätter und Blüthen einer großen Anzahl in Oesterreich vorkommender Gewächse. Mehrere Monographieen von Ettingshausen über die Nervation von Celastrineae, Bombaceae, Gramineae und insbesondere über Blattskelete der Apetalen (1858), der Dikotyledonen (1864) und der Farnkräuter (1864) erleichterten das Studium von fossilen Blattabdrücken und verliehen diesem Gebiete der paläophytologischen Forschung eine größere Sicherheit. Ettingshausen wandte seine an lebenden Pflanzen gewonnenen Erfahrungen mit Erfolg auf die fossilen Ueberreste an und schrieb eine Reihe von Abhandlungen über die Tertiärfloren des Biliner Beckens, der Wetterau, von Steiermark, des Monte Promina, von Radoboj, Sagor, Häring, Australien, Neuseeland, Japan, über die Kreideflora von Niederschöna in Sachsen, über die Steinkohlenflora von Stradonitz und Radnitz, über die Flora des schlesisch-mährischen Dachschiefers. Er suchte wie Heer überall

*) Ettingshausen Constantin Freiherr v., geboren 1826 in Wien als Sohn des Physikers Andreas v. Ettingshausen, studierte in Kremsmünster und Wien; arbeitete als Volontär an der k. k. geologischen Reichsanstalt, wurde 1854 Professor an der josephinischen Akademie und 1871 Professor der Botanik an der Universität in Graz; starb daselbst 1897.

die Beziehungen der fossilen Floren zu den jetzt existierenden zu ermitteln und als begeisterter Anhänger der Descendenztheorie die genealogischen Verwandtschaften derselben zu bestimmen.

Die erste vollständige Zusammenfassung und Darstellung des gesammten paläophytologischen Materials findet sich in W. Ph. Schimper's*) Traité de Paléontologie végétale (Paris 1869—1874, 3 Bände mit Atlas). In diesem Werk bietet der vielseitige Autor eine mit großer Sachkenntniß durchgeführte Schilderung der fossilen Pflanzen in systematischer Ordnung. Alle Gattungen und Arten sind kurz und präcis definiert, die wichtigeren abgebildet und dadurch das in der Literatur weit zerstreute Material gesammelt und zugänglich gemacht. Schimper behandelt seinen Stoff in erster Linie vom Standpunkt des Botanikers, berücksichtigt aber auch die geologischen Verhältnisse der fossilen Pflanzen mit aller Sorgfalt.

Einen noch größeren Einfluß auf die Entwickelung der Paläophytologie übte der Botaniker A. Schenk**) aus. Seine specielleren Arbeiten über fossile Pflanzen befassen sich mit der Flora des fränkischen Keupers (1858 und 1865) und namentlich mit den Formen aus den Grenzschichten des Keupers und Lias (Wiesbaden 1867), ferner mit den Pflanzenresten aus dem Muschelkalk von Recoaro (1868), mit der Flora der Wernsdorfer Schichten und der Wealdenformation (1871), mit den verkieselten Hölzern aus dem nubischen Sandstein, dem versteinerten Wald von Cairo (1880), mit den von Richthofen und Graf Széchenyi in China gesammelten Pflanzen aus carbonischen, jurassischen und tertiären Ablagerungen u. s. w. Wichtiger als diese mit ungewöhnlicher Schärfe ausgeführten Specialarbeiten wurde A. Schenk's Bearbeitung der fossilen Pflanzen in Zittel's Handbuch der Paläontologie. Nach Schimper's Tod, welcher nur

---

*) Schimper Philipp Wilhelm, geboren 1808 in Dosenheim bei Zabern im Elsaß, studierte in Straßburg Theologie, war dann Hauslehrer, wurde 1835 zuerst Beamter, später Director des naturhistorischen Museums in Straßburg und gleichzeitig Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität. Er blieb nach dem Kriege 1871 in seiner Stellung, lehnte einen Ruf als Professor an das Museum in Paris ab und starb 1880 in Straßburg.

**) Schenk August, geboren 17. April 1815 zu Hallein, studierte in München, Erlangen, Berlin und Wien, wurde 1845 außerordentlicher, 1850 ordentlicher Professor der Botanik in Würzburg und 1868 Professor der Botanik in Leipzig; starb am 30. März 1891.

die Cryptogamen und Cycadeen vollendet hatte, übernahm A. Schenk (1881) die Fortsetzung dieses Werkes. Mit einer manchmal vernichtenden Kritik sichtet er das Brauchbare und Werthvolle in der vorhandenen paläontologischen Literatur von dem Unwichtigen und Hypothetischen. Er zeigt, auf welch' schwachen Füßen die Begründung vieler fossiler Pflanzengattungen und Arten beruht und wie oft jammervoll erhaltene Reste, deren Bestimmung unmöglich ist, zur Aufstellung von neuen Gattungen und wunderlichen morphologischen Hypothesen Veranlassung geboten haben. Viele der nicht selten von botanisch ungenügend vorgebildeten Autoren herrührenden Beschreibungen geologischer Localfloren sind nach Schenk durchaus ungenügend und liefern eine höchst unsichere Grundlage für Schlußfolgerung über die Eigenthümlichkeiten der untergegangenen Vegetationsperioden und ihrer klimatischen Bedingungen. Auch gegen die von Ettingshausen angewandte Verwerthung der Nervatur für die Bestimmung fossiler Blätter erhebt Schenk Bedenken, da der Leitbündelverlauf der Blätter innerhalb größerer und kleinerer Gruppen bald bedeutend wechselt, bald aber auch keine nennenswerthen Veränderungen aufweist. Auch die Blattformen haben nur Werth für die Unterscheidung von Arten, nicht aber für die Charakteristik größerer Gruppen. Diese Schwierigkeiten und der Umstand, daß nur selten Blätter, Blüthen und Früchte noch in Zusammenhang vorkommen, stellen einer richtigen Deutung fossiler Pflanzenreste große Hindernisse in den Weg und machen einen Theil der Literatur über fossile Pflanzen zu einem wissenschaftlich kaum zu verwerthenden Ballast. Durch die kritische Methode, welche Schenk bei der Behandlung der Blüthenpflanzen im Zittel'schen Handbuch überall consequent durchführte, und von welcher auch die Werke hervorragender Forscher, wie Unger, Heer, v. Ettingshausen und Saporta, nicht verschont blieben, hat Schenk geradezu reformatorisch gewirkt. Er hat die Paläophytologie der botanischen Wissenschaft zurückerobert und sie von vielem Werthlosen und Irrthümlichen befreit. Seine präcise, kritische, auf umfassende Kenntniß der lebenden Formen gestützte Untersuchungsmethode wird gegenwärtig von allen namhaften Autoren befolgt.

Schenk ist ein warmer Anhänger der Descendenztheorie. Seine Bemerkungen über die genealogischen Beziehungen der verschiedenen fossilen Pflanzengruppen und die Umgestaltungen der urweltlichen Floren sind von großem Interesse, ebenso die aus dem Vorkommen

gewisser Pflanzen gefolgerten Schlüsse über die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit und über den Gesammtcharakter der fossilen Vegetationsbilder, die vielfach von den Anschauungen Ettingshausen's und Heer's abweichen.

Die zahlreichen und schönen Arbeiten des Marquis de Saporta*) bewegen sich zumeist auf descriptivem Gebiet. Seine Studien über die Tertiärflora des südwestlichen Frankreichs[14]), über die Flora des Gyps von Aix, des Travertins von Sézanne[15]), der Mergel von Gelinden (1873) und der Schichten von Meximieux (1876) gehören zu den besten Beschreibungen fossiler Floren. In der Fortsetzung der d'Orbigny'schen Paléontologie française hat Saporta einen Theil der jurassischen Flora, namentlich die Coniferen, in meisterhafter Weise bearbeitet. Auch als populärwissenschaftlicher Schriftsteller hat sich Saporta hervorgethan und in mehreren weitverbreiteten Werken[16]) die Entwickelung der urweltlichen Floren im Sinne der Evolutionstheorie geistvoll beleuchtet.

In ähnlicher Weise wie Schimper und Schenk und im strengsten Anschluß an die Systematik der recenten Pflanzen, behandelt der mit zahlreichen, vorzüglich ausgeführten Tafeln ausgestattete Cours de Botanique fossile von M. B. Renault (Paris 1881—1885) die fossilen Cycadeen, Cordaiten, Sigillarien, Lepidodendren, Stigmarien, Farne und Coniferen. Ungefähr dieselben Abtheilungen nebst den Equisetaceen, Calamarien, Sphenophylleen, Thallophyten und Moosen enthält auch die vortreffliche Einleitung in die Paläophytologie von Graf zu Solms-Laubach (Leipzig 1887).

Abgesehen von den bereits genannten Forschern haben sich in den zwei letzten Dezennien eine erhebliche Anzahl von Autoren um die Kenntniß der fossilen Pflanzen verdient gemacht. In Deutschland waren oder sind noch thätig E. Weiß, H. Conwentz, H. Engelhardt, K. G. Stenzel, T. Sterzel, K. Th. Geyler, H. Potonié, J. Felix, F. Kurtz, M. Blanckenhorn u. A.; in Oesterreich-Ungarn

*) Saporta Gaston de, Comte (später Marquis), geboren 1823 zu Saint-Zacharie (Var), beschäftigte sich anfänglich besonders mit Literaturgeschichte, wandte sich von 1850 an dem Studium der Botanik zu und begann seine literarische Thätigkeit über fossile Pflanzen 1860. Als Haupt einer vornehmen und begüterten Familie, konnte er seine ganze Muße seiner Lieblingswissenschaft widmen. Er wurde 1876 correspondierendes Mitglied des Institut de France, starb am 26. Januar 1895 in Aix (Provence).

D. Stur, Ott. Feistmantel, J. Velenovsky, M. Staub und M. Raciborsky; in Großbritannien Carruthers, R. Kidston, A. C. Seward, J. Starkie-Gardner, C. Reid; in Frankreich vor Allen B. Renault und R. Zeiller, ferner Grand-Eury, L. Crié, Ed. Bureau, A. F. Marion, Eug. Bertrand; in Rußland J. Schmalhausen; in Schweden A. G. Nathorst; in Nordamerika J. St. Newberry, Lester F. Ward, W. M. Fontaine und F. H. Knowlton; in Japan M. Yokoyama.

Im Ganzen genommen haben auf dem Gebiete der Paläophytologie Botaniker von jeher einen größeren Einfluß ausgeübt als Geologen, und in neuerer Zeit tritt die rein botanische Behandlung der fossilen Pflanzen mehr und mehr in Vordergrund. Die unkritische „Blätterpaläontologie" ist durch Schenk stark discreditiert worden; man verlangt jetzt von jedem Forscher, welcher fossile Pflanzen beschreiben will, solide Kenntnisse in der systematischen Botanik.

Auf diesen Standpunkt hat sich die Paläozoologie noch nicht völlig erhoben. Ein großer Theil der stratigraphisch-paläontologischen Literatur wird von Geologen geliefert, und gewisse Abtheilungen von Versteinerungen, wie die fossilen Mollusken und Molluskoideen, bilden noch jetzt eine Domäne von Autoren, worin zuweilen mit einem erstaunlich geringen Vorrath zoologischer Kenntnisse und Erfahrung beschrieben, systematisiert und speculiert wird. Daß diese Literatur von der wissenschaftlichen Zoologie keine Beachtung findet, ist begreiflich. Sie verfolgt in erster Linie geologische Ziele und behandelt vielfach das paläontologische Material nicht nach den in der zoologischen Systematik üblichen Methoden, sondern nach rein persönlicher Auffassung.

Bis in das sechste Dezennium dieses Jahrhunderts stand sowohl in den stratigraphisch-paläontologischen Abhandlungen und Faunenbeschreibungen, als auch in den mehr zoologischen Untersuchungen die exacte Species- und Gattungsbestimmung im Vordergrund. Man beschränkte sich darauf, die fossilen Formen zu beschreiben, mit ihren noch lebenden Verwandten zu vergleichen und sie im System einzureihen. Die einzelnen Faunen und Floren der Urzeit galten den Anhängern der Katastrophentheorie für in sich abgeschlossene, von einander unabhängige Schöpfungen, deren Reihenfolge und gegenseitige Beziehungen festzustellen eine Hauptaufgabe der Stratigraphie und Paläontologie bildete. In einer von der Pariser Akademie gekrönten Preisschrift: „Untersuchungen über die Entwickelungsgesetze

der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche" (Stuttgart 1858) entwirft H. G. Bronn, gestützt auf zahlreiche, unendlich fleißig zusammengestellte Tabellen, zunächst ein Bild von dem damals bekannten paläontologischen Material und dessen Vertheilung in den verschiedenen Erdschichten, bespricht darauf die Schöpfungs- und Entwickelungstheorien von Lamarck, Et. Geoffroy Saint-Hilaire, Oken, Grant u. A. in ablehnender Weise, gesteht zwar eine Umbildung der organischen Formen bis zur Rassenentwickelung zu, hält jedoch die Generatio aequivoca, die allmähliche Umwandlung der urweltlichen Arten, die Descendenz der jüngeren Formen von älteren, sowie die Entwickelung der vollkommeneren Organismen aus tiefer stehenden Vorläufern für unerwiesen oder falsch. Dagegen nimmt Bronn eine Schöpfungskraft an, welche nicht nur die ersten Organismen hervorgebracht, sondern auch während der späteren geologischen Perioden bis zur Jetztzeit fortgewirkt hat, und zwar nach einem festen, nicht vom Zufall abhängigen Plan. Dadurch besteht eine bestimmte Beziehung zwischen verschwindenden und neu entstehenden Formen, indem die eintretenden Lücken stets durch ähnliche, häufig vollkommenere Ersatzformen ausgefüllt werden und auf diese Weise, wie bereits von Sedgwick, Hugh Miller, Ad. Brongniart, L. Agassiz behauptet worden war, eine allmähliche Entwickelung der organischen Schöpfung vom Unvollkommenen zum Vollkommeneren stattgefunden hat. Bronn erkennt die Häufigkeit sogenannter „Mischformen" an, welche Merkmale in sich vereinigen, die sich später auf verschiedene, verwandte Gattungen oder Familien vertheilen und findet darin eine Bestätigung seines Vervollkommnungsgesetzes. Schon früher (1849) hatte L. Agassiz[17]) unter den versteinerten Organismen progressive, prophetische, synthetische und embryonische Typen unterschieden und namentlich den prophetischen als den Vorboten und Ankündigern kommender Veränderungen in den Organisationsverhältnissen, sowie den mit persistenten Jugend- oder sogar fötalen Merkmalen ausgestatteten fossilen Embryonaltypen großes Gewicht beigelegt.

Sowohl Agassiz als Bronn haben sich mit den Merkmalen, welche die Höhe der Organisationsstufe und den systematischen Rang einer Thierform bedingen, eingehend beschäftigt und dafür besondere Gesetze aufgestellt. Von Edw. Forbes wurde (1854) zuerst auf die Bedeutung einer rückschreitenden Entwickelung bei gewissen Formen-

gruppen hingewiesen. Nach Bronn wird die ganze Aufeinanderfolge der Organismen von der ältesten geologischen Periode bis zur Jetztzeit durch zwei Gesetze geleitet: 1. durch eine extensiv und intensiv sich fortwährend steigernde Produktionskraft und 2. durch die Natur und die Veränderungen der äußeren Existenzbedingungen. In geistvoller Weise erläutert Bronn die Thatsachen, welche die Wirkungen der Produktionskraft bedingen, sowie die verschiedenen Zustände der Atmosphäre, des Klimas, der Vertheilung von Wasser und Land und der Oberflächenconfiguration in den einzelnen Erdperioden und deren Einfluß auf die Ausbildung der organischen Schöpfung. Er leitet daraus das Gesetz der terripetalen Entwickelung ab. Aus einem ursprünglichen Weltozean erhoben sich nach und nach Klippen, Inseln und Continente. Einer universellen Meeresfauna folgte die erste Ansiedelung von Landthieren und Landpflanzen; mit der Vergrößerung der Inseln und Continente wurden immer neue Existenzbedingungen für Land- und Süßwasserbewohner geschaffen und damit die Möglichkeit der Entstehung neuer complicierterer und vollkommenerer Formen gegeben. Die Faunen und Floren der früheren Erdperioden tragen einen tropischen Charakter zur Schau; erst allmählich fand eine Abkühlung, eine Annäherung an die jetzigen Existenzbedingungen und damit auch eine allmähliche Umwandlung der anfänglich fremdartigen Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten in die der jetzigen Schöpfung statt. Die einzelnen Faunen und Floren der Urzeit sind nicht, wie Cuvier, Agassiz, d'Orbigny u. A. annahmen, schroff geschieden, sondern meist durch eine kleinere oder größere Anzahl von Gattungen und Arten mit einander verbunden. Einzelne Species überschreiten die Grenzen der Stufen und Perioden und vermengen sich mit denen der folgenden Fauna und Flora. Die Schöpfung neuer und der Untergang alter, vorhandener Formen war nicht auf eine beschränkte Anzahl von Zeiten beschränkt, sondern haben als Folge des Wechsels der äußeren Existenzbedingungen während der ganzen geologischen Zeit ununterbrochen fortgedauert, wenn auch allerdings in gewissen Perioden eine durchgreifende Umgestaltung der Schöpfung eintrat. Die Existenzdauer der fossilen Arten war eine sehr ungleiche, im Allgemeinen aber sehr lange. Die Grenzen der geologischen Stufen, Formationen u. s. w. sind weder in paläontologischer, noch in geographischer oder lithologischer Hinsicht absolut scharf, sondern häufig mehr oder weniger verwischt.

Die mit seltener Sachkenntniß begründeten Auseinandersetzungen Bronn's behandeln eine Reihe von Fragen, welche bis dahin von paläontologischer Seite entweder gar nicht oder doch niemals im Detail erörtert worden waren. Sie stehen mit Ch. Lyell's Lehre von der uniformitarischen Entwickelung der Erde in engem Zusammenhang und bahnten der Descendenztheorie auf geologisch-paläontologischem Gebiete den Weg. Durch Bronn war der Boden vorbereitet, auf dem die Transmutationslehre und die von Darwin begründete Selectionstheorie gedeihen konnte, und als im Jahr 1860 Darwin's epochemachendes Buch »On the origin of species by means of natural Selection« erschien, war Bronn der Erste, welcher die Ergebnisse des genialen britischen Forschers dem deutschen Publikum durch eine Uebersetzung des Werkes zugänglich machte. Es dauerte ein Jahrzehnt, bis die Darwin'sche Theorie auch in dem Bereich der Geologie und Paläontologie ihren Siegeszug vollendet hatte. Damit wurden aber der Versteinerungskunde neue Aufgaben und Ziele gesteckt. Sie ist jetzt nicht mehr eine descriptive und vergleichende Wissenschaft, welche der Stratigraphie die nöthige Grundlage schaffen und der systematischen Zoologie und Botanik wohl gesichtetes und bearbeitetes Material zuführen soll; sie hat vielmehr eine Fülle selbständiger Fragen zu lösen und in Gemeinschaft mit den übrigen biologischen Wissenschaften das Schöpfungsräthsel zu ergründen. Die Entstehung, geologische Entwickelung, allmähliche Transmutation, Differenzierung, Vervollkommnung oder Rückbildung der einzelnen Stämme des Thier- und Pflanzenreichs, die genealogischen Beziehungen der urweltlichen und recenten Organismen, die Stammesgeschichte (Phylogenie) der Pflanzen- und Thierwelt, die Beziehungen zwischen Entwickelungsgeschichte (Ontogenie) des Individuums und der Stammesgeschichte (Phylogenie) der Familie, Ordnung und Classe, welcher dasselbe angehört, sind Fragen, die entweder ausschließlich von der Paläontologie oder nur mit ihrer Beihilfe beantwortet werden können. Mit Darwin beginnt die neueste, moderne Periode für die Paläontologie. Zahlreiche und gewichtige Beweise zu Gunsten der Descendenzlehre wurden von ihr geliefert. Die Formenreihen, welche sich häufig durch mehrere Stufen und Formationen hindurch mit kleineren und größeren Abänderungen verfolgen lassen, das Vorkommen von Misch- und Embryonaltypen, die Parallele von Ontogenie mit der chronologischen Aufeinanderfolge verwandter fossiler Formen (biogenetisches Grundgesetz von Haeckel), die Aehn-

lichkeit der im Alter nächststehenden fossilen Floren und Faunen, die Uebereinstimmung der geographischen Verbreitung der jetzigen Organismen und ihrer fossilen Vorläufer, sowie mancherlei andere Thatsachen lassen sich nur begreifen durch die Transmutationslehre.

An der Begründung der Descendenztheorie hat die Paläontologie seit 1870 regen Antheil genommen, und bis auf den heutigen Tag bilden phylogenetische Probleme einen Hauptreiz für die paläontologische Forschung. Der Charakter der paläontologischen Literatur hat sich demgemäß auch nicht unerheblich geändert; die rein stratigraphisch-paläontologischen Arbeiten scheiden sich immer schärfer von den biologisch-systematischen, und die letzteren betonen mehr und mehr die genealogische Richtung. Im Allgemeinen herrschte aber seit der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts in der Paläontologie eine so rege Thätigkeit, daß das in einer vielsprachigen, zerstreuten und nicht selten schwer zugänglichen Literatur aufgestapelte Material zu einer kaum übersehbaren Masse heranwuchs. Die älteren Lehrbücher von Bronn, d'Orbigny, Geinitz, Quenstedt, Giebel, Nicholson u. A. waren kurz nach ihrem Erscheinen veraltet, theilweise auch nur für die Bedürfnisse von Anfängern berechnet.

Das Handbuch der Paläontologie von K. A. v. Zittel, dessen botanischer Theil von W. Schimper und A. Schenk bearbeitet wurde, sucht eine dem modernen Standpunkte entsprechende Darstellung des paläontologischen Stoffes zu bieten. Der ursprünglich auf einen Band veranschlagte Abschnitt der Paläozoologie hat schließlich vier starke Bände in Anspruch genommen, und die Vollendung des Werkes erforderte einen Zeitraum von 17 Jahren (1876—1893). Die Verfasser, zu denen auch S. Scudder (für die fossilen Insekten) gehört, suchen in erster Linie die engen Beziehungen zwischen Paläontologie und den übrigen biologischen Wissenschaften (Zoologie, vergleichende Anatomie, Botanik, Embryologie) hervorzuheben und die Errungenschaften der letzteren für die Versteinerungskunde zu verwerthen. Es ist darum der Stoff streng systematisch geordnet und jeder größeren Gruppe eine einleitende Erörterung jener Organisationsverhältnisse vorausgeschickt, deren Kenntniß zum allseitigen Verständniß der fossilen Formen erforderlich ist. Die histologischen Verhältnisse finden eine viel eingehendere Berücksichtigung als in den bisherigen Lehrbüchern der Paläontologie. Im speciellen Theil sind alle wohl begründeten fossilen Gattungen aufgenommen, die zweifelhaften oder schlechten

eliminiert oder nur kurz erwähnt. Jedem größeren Abschnitt folgt eine Uebersicht der geologischen Verbreitung und Stammesgeschichte der abgehandelten Formen. Mit besonderem Nachdruck sind die Thatsachen, welche für den genetischen Zusammenhang der Angehörigen der einzelnen Stämme, Classen, Ordnungen und Familien sprechen, betont; doch ist eine tendenziöse Darstellung vermieden und in solchen Fällen, wo die Paläontologie keine Beweise für die Entwickelungslehre besitzt, oder wo das lückenhafte Material eher zu Gunsten der entgegengesetzten Auffassung zu sprechen scheint, sind die Verfasser bemüht, den Thatbestand mit voller Unparteilichkeit darzulegen.

Das Zittel'sche Handbuch hat fast allen neueren kleineren Lehrbüchern, wie dem von R. Hoernes[20]) (1884), von Steinmann-Döderlein[21]) (1890), von Felix Bernard[22]) (1895), von K. Zittel[23]) (1895) und von Smith-Woodward[24]) (1898) als Grundlage gedient.

In geistvoller Weise wurden von M. Neumayr*) sowohl in seiner Erdgeschichte, als auch besonders in seinen „Stämmen des Thierreichs" die genealogischen Verhältnisse der fossilen Organismen behandelt. Das letztere, leider unvollendet gebliebene Werk[25]) erstreckt sich nur über die Protozoen, Coelenteraten, Echinodermen und Molluskoideen, enthält eine Fülle von neuen Gesichtspunkten und wird sowohl für Paläontologie als Zoologie einen bleibenden Werth behalten.

Zu den einflußreichsten Vertretern der Descendenztheorie in der Paläontologie gehören der große englische Zoologe Th. Huxley, der französische Akademiker Alb. Gaudry, der Amerikaner E. D. Cope und E. Haeckel. Huxley's paläontologische Arbeiten bewegen sich, wie die von A. Gaudry und E. Cope, zum größten Theil auf dem Gebiete der Vertebraten und zeichnen sich durch seltene Schärfe der Beobachtung und geniale Combination aus. Seine Ableitung des

*) Neumayr Melchior, geboren am 24. October 1845 in München als Sohn eines hohen Beamten und späteren Staatsministers, studierte in München und Heidelberg; nach seiner Promotion betheiligte er sich von 1868 bis 1872 an den Arbeiten der Wiener geologischen Reichsanstalt in Ungarn, Siebenbürgen und Nordtirol; habilitierte sich 1872 als Privatdocent in Heidelberg, wurde aber schon 1873 als ordentlicher Professor nach Wien auf den für ihn neu errichteten Lehrstuhl der Paläontologie berufen. Mitten im Schaffen erlag er am 29 Jan. 1890 einem Herzleiden.

Stammbaums des Pferdes, seine Ausführungen über die genetischen Beziehungen von Vögeln und Reptilien, seine Abhandlung über Crossopterygier gehören zu den classischen Mustern paläontologischer Untersuchungsmethode. A. Gaudry hat durch seine formvollendeten Werke[26]) in den weitesten Kreisen Interesse für Paläontologie erweckt und die genealogischen Beziehungen der verschiedenen Abtheilungen des Thierreichs und ihre Abstammung von urweltlichen Ahnen in überzeugender Weise dargelegt. Von besonderer Bedeutung sind seine Ausführungen über die Stammesgeschichte der fossilen Säugethiere. Edw. D. Cope*) ist neben Herb. Spencer das Haupt der in Nordamerika weit verbreiteten Schule der Neo-Lamarckianer. Im Gegensatz zu Darwin werden die allmählichen Umwandlungen in der organischen Schöpfung nicht durch die Wirkung der natürlichen Zuchtwahl erklärt, sondern hauptsächlich auf den Einfluß von Gebrauch und Nichtgebrauch, sowie der äußeren Einflüsse, wie Ernährung, Klima, mechanische Einwirkungen u. s. w., zurückgeführt. Cope hat auf Grund seiner langjährigen Studien an fossilen Wirbelthieren die „Kinetogenese", d. h. die allmähliche Entwickelung und Umgestaltung des inneren Skeletes und des Gebisses, in geistvoller Weise zu erklären versucht. Auf der von Cope vorgezeichneten Bahn hat namentlich H. F. Osborn in neuerer Zeit bemerkenswerthe Erfolge erzielt.

Aus der reichen Fülle von Werken und Abhandlungen über einzelne Abtheilungen und Gruppen von fossilen Thieren können hier nur diejenigen hervorgehoben werden, welche auf die Entwicke-

---

*) Cope Edward Drinker, geboren 1840 in Philadelphia, gehörte einer alten und begüterten Familie an; er machte schon als Knabe größere Reisen und veröffentlichte mit 19 Jahren eine werthvolle zoologische Abhandlung über Batrachier. Nach Beendigung seiner Studien in Philadelphia bereiste er 1863 Europa, um die dortigen Museen kennen zu lernen, nahm 1864 die Stelle eines Professors für vergleichende Anatomie am Haverford College an, die er aber schon 1867 wieder aufgab. Von 1865 an beschäftigt sich Cope vorzugsweise mit fossilen Wirbelthieren und machte von nun an, theils auf eigene Kosten, theils als Mitglied der Hayden'schen und Wheeler'schen Expeditionen, ausgedehnte Forschungsreisen in Kansas, Colorado, Wyoming, Neu-Mexico und Texas und entfaltete während dieser Zeit eine ungemein fruchtbare literarische Thätigkeit. 1889 wurde er zum Professor der Geologie und Mineralogie an der Akademie in Pennsylvanien ernannt; starb am 12. April 1897. Seine große Sammlung fossiler Säugethiere wurde vom Amerikanischen Museum in New-York erworben.

lung der systematischen Paläozoologie oder auf die phylogenetischen Verhältnisse der fossilen Formen Einfluß ausgeübt haben.*)

Protozoen. Unter den Protozoen besitzt nur die Classe der Rhizopoden erhaltungsfähige Vertreter. Am häufigsten sind die Foraminiferen oder Polythalamien, die an der Zusammensetzung vieler mariner Kalksteine wesentlichen Antheil nehmen und seit Jahrhunderten bereits Beachtung fanden. Auf die aus älterer Zeit herrührenden Abhandlungen von Breyn (1732), Soldani (1780), Fichtel und Moll (1803), Lamarck (1804—1807), Denys de Montfort (1808—1810), worin bereits eine beträchtliche Anzahl dieser kleinen Formen abgebildet und beschrieben ist, folgten die epochemachenden Untersuchungen von Alcide d'Orbigny (1824), welche zum erstenmal eine systematische Anordnung und Classification dieser damals noch ziemlich allgemein für Mollusken und zwar für Cephalopoden gehaltenen Schälchen anstrebten. d'Orbigny unterschied unter den Polythalamien zwei große Gruppen, wovon die eine (Siphonifera) die gekammerten echten Cephalopodengehäuse enthält, während die zweite die nach der porösen Beschaffenheit ihrer Scheidewände Foraminifera genannten Formen umfaßt. Für die Systematik der letzteren sind hauptsächlich die äußeren Merkmale der Schale, sowie die Zahl und Anordnung der Kammern verwerthet. Eine Anzahl der im Tableau méthodique aufgezählten Arten ist durch vergrößerte Modelle, die 1825 und 1826 vertheilt wurden, in weiten Kreisen bekannt geworden. Neben d'Orbigny, welcher außer seiner ersten Abhandlung eine schön ausgestattete Monographie der im Wiener Tertiärbecken vorkommenden Foraminiferen sowie verschiedene andere Arbeiten über fossile und recente Formen veröffentlichte, erwarb sich C. G. Ehrenberg große Verdienste um die Kenntniß der Foraminiferen, deren Organisation von dem berühmten Mikroskopiker freilich gänzlich verkannt wurde, obwohl Dujardin bereits 1835 ihre Zugehörigkeit zu den Rhizopoden nachgewiesen und die von Ehrenberg vermutheten Beziehungen zu den Bryozoen widerlegt hatte.

Gegen die Anwendung einer lediglich auf äußere Merkmale und Wachsthum begründeten Systematik sprachen sich Williamson, Reuß und namentlich W. B. Carpenter aus. Die feinen Untersuchungen

*) Von Literaturcitaten wurde in dem folgenden Abschnitt abgesehen, da dieselben vollständig in Zittel's Handbuch der Paläontologie zu finden sind.

von Williamson und das große Werk von Carpenter über Struktur und Classification der Foraminiferen werden immer die Grundpfeiler für den mikroskopischen Bau dieser zierlichen Schälchen blieben und stehen bis jetzt unübertroffen da. Carpenter unterscheidet als Hauptgruppen Imperforata und Perforata und zerlegt jede derselben wieder nach der chemischen Zusammensetzung und mikroskopischen Struktur in mehrere Familien. Die Auffassung Carpenter's und seiner Mitarbeiter Parker und Jones über den Umfang der Gattungen und Arten weicht von jener d'Orbigny's vielfach ab, indem die englischen Forscher auch in ihrer Erscheinung sehr differente Formen, wenn sie durch Uebergänge verbunden sind, unter gleichem Gattungsnamen zusammenfaßten. E. A. Reuß hat sich in seinen zahlreichen, seit 1839 beginnenden und meist in den Schriften der Wiener Akademie veröffentlichten Abhandlungen vorzugsweise mit der Beschreibung von Arten befaßt und wichtige Beiträge zur Kenntniß der fossilen Foraminiferen aus allen Formationen geliefert. In gleicher Richtung bewegen sich auch die im Jahre 1857 beginnenden Arbeiten von Parker und Rup. Jones, welche von Jones noch bis heute fortgesetzt werden. Einen eklektischen Charakter, aber im wesentlichen Carpenter und Reuß folgend, tragen die Classificationen von C. Schwager und H. B. Brady. Die neuesten Versuche von M. Neumayr (1887) und Rhumbler (1895), das genetische Princip in der systematischen Anordnung der Foraminiferen zum Ausdruck zu bringen, entfernen sich nicht weit von der Brady'schen Gruppierung. Aus der umfangreichen Specialliteratur über fossile Foraminiferen mögen die Arbeiten der Deutschen Andreae, Bornemann, Deecke, J. G. Egger, H. B. Geinitz, v. Gümbel, v. Hagenow, Marsson, Schellwien, v. Schlicht, der Oesterreicher Fel. Karrer, Hantken, Perner, Grzybowski, der Schweizer L. Rütimeyer, de la Harpe und Häusler genannt werden. In der französischen Foraminiferenliteratur nimmt die treffliche Monographie von d'Archiac und Haime über die Nummuliten eine hervorragende Stellung ein. Terquem und Berthelin folgten noch bis in die neueste Zeit in Methode und Darstellung vollständig d'Orbigny, während Munier-Chalmas und Schlumberger mehr die feineren Verhältnisse des innern Aufbaues berücksichtigten und interessante Beobachtungen über dimorphe Anfangskammern machten. In Italien beschrieben Michelotti, Seguenza, Silvestri und

namentlich Fornasini die im jüngeren Tertiär vorkommenden Foraminiferen. In England waren neben den bereits genannten Forschern Carter und ganz besonders W. B. Brady*) thätig, dessen Report über die Foraminiferen der Challenger-Expedition nebst seiner Monographie der carbonischen Foraminiferen von Groß-britannien zu den schönsten Publicationen aus diesem Gebiete gehören. Eine Uebersicht aller bis 1893 bekannter Gattungen und Arten enthält der Index von Ch. D. Sherborn. In Belgien beschäftigten sich v. d. Broeck, in Rußland Eichwald, v. Möller, in Amerika Dawson, Baag u. A. mit dem Studium fossiler Foraminiferen.

Außer den Foraminiferen kommen für die Paläontologie der Protozoen nur noch die **Radiolarien** in Betracht. Ihre Kenntniß geht weniger weit zurück als jene der Foraminiferen. Die ersten Angaben über diese mikroskopisch kleinen Organismen rühren von Tilesius (1806) und Meyen (1834) her; aber erst durch Ehrenberg wurde die wunderbare Mannichfaltigkeit und Schönheit ihrer Kieselskelete enthüllt. In einer Reihe von Werken und Abhandlungen beschrieb Ehrenberg zwischen 1838 und 1875 eine große Menge sogenannter Polycystinen aus Meeresschlamm und tertiären Mergeln von Sicilien, Zante, Oran, Nordamerika und Barbados, das allein 278 Species lieferte. Ueber die Organisation der Polycystinen hatte Ehrenberg allerdings absonderliche und ziemlich unklare Vorstellungen. Erst durch Huxley (1851) und namentlich durch Joh. Müller (1855) wurde die Organisation und zoologische Stellung derselben aufgeklärt, und von J. Müller auch die Bezeichnung Radiolarien vorgeschlagen. Eine wichtige Ergänzung der J. Müller'schen Arbeiten boten die mit prachtvollen Abbildungen ausgestatteten Monographieen von E. Haeckel, worin die Systematik dieser Gruppe fest begründet wurde. Haeckel's Arbeiten beschäftigen sich vornehmlich mit recenten Radiolarien; fossile Formen kannte man bis 1862 nur aus tertiären Bildungen. Erst durch Zittel wurden (1876) einige Formen aus der oberen Kreide beschrieben, und zwischen 1885 und 1892 hat D. Rüst mit bewunderungswürdiger Ausdauer kieselige Gesteine aus allen Formationen in Dünnschliffen

*) Brady Henry Bowman, geboren 1835 in Gateshead (England) als Sohn eines Arztes, war als pharmaceutischer Chemiker in Newcastle thätig; zog sich 1876 aus dem Geschäft zurück, lebte als Privatmann und machte große Reisen; starb am 10. Januar 1891 in Bournemouth.

untersucht und vom Cambrium an allenthalben eine große Menge von Radiolarien nachgewiesen. Reiche Radiolarienfaunen aus dem tertiären Tripel von Girgenti und Caltanisetta wurden von E. Stöhr und T. Dreyer beschrieben, Dunikowsky entdeckte eine Anzahl Formen im alpinen Lias, G. J. Hinde beschrieb Radiolariengesteine aus paläozoischen und mesozoischen Ablagerungen von Großbritannien und Australien; D. Pantanelli, A. Fisel und Parona untersuchten mit Erfolg italienischen Jaspis und andere Kieselgesteine auf Radiolarien, und Barrois wies in der Bretagne in präcambrischen (?) Quarziten mikroskopische Körperchen nach, die von Cayeux als Radiolarien und Spongien beschrieben wurden.

Im Jahr 1858 sammelte Mac Culloch im Gneiß von Canada eigenthümliche mit Streifen von Serpentin und Kalkspath durchzogene Knollen, in denen Logan eine organische Struktur erkennen wollte. W. Dawson (1864) und W. B. Carpenter (1876) beschrieben diese Gebilde als Foraminiferen unter der Bezeichnung Eozoon Canadense und fanden für ihre Ansicht die Unterstützung von Parker, Jones, Brady, Gümbel, E. A. Reuß, M. Schultze, Hochstetter u. A., während King, Rowney und Carter sich mit großer Entschiedenheit gegen den organischen Ursprung des Eozoon aussprachen. Eine mehrere Jahre dauernde Controverse über die Natur des Eozoon fand durch eine Abhandlung von K. Moebius ihren Abschluß, worin das Eozoon und ähnliche Gebilde in das Mineralreich verwiesen wurden.

Spongien. Unter allen Abtheilungen der wirbellosen Thiere haben die fossilen Seeschwämme am längsten einer wissenschaftlichen Behandlung Widerstand geleistet. Es ist dies nicht zu verwundern, denn auch die Zoologen waren noch nach Ablauf des ersten Viertels unseres Jahrhunderts im Zweifel, ob die Seeschwämme zum Pflanzen- oder Thierreich gehören. Erst durch die bahnbrechenden Untersuchungen von Rob. Grant (1825) erhielt man einen richtigen Einblick in die Organisationsverhältnisse dieser Geschöpfe, und von da an konnte sich auch ihre Systematik und Morphologie entwickeln, an deren Ausbildung sich längere Zeit vorzugsweise englische Forscher wie Johnstone, Bowerbank und Carter betheiligten. Daß unter solchen Verhältnissen die Kenntniß der fossilen Spongien, trotz ihrer Häufigkeit und theilweise günstigen Erhaltung, nur langsame Fortschritte machen konnte, ist begreiflich. Die erste Lieferung der Petrefacta Germaniae

von Goldfuß und Münster vom Jahr 1826 enthält zwar die Beschreibung und Abbildung von 75 Spongienarten, die auf zehn bis elf Gattungen vertheilt sind, allein trotz der prächtigen Tafeln erhebt sich das Goldfuß'sche Werk nicht nennenswerth über die älteren Arbeiten von Guettard, Parkinson, Mantell u. A. Auch Michelin (1840—1847) und Blainville liefern lediglich Beschreibungen der äußeren Gestalt, ohne Rücksicht auf die feineren Strukturverhältnisse, und halten die fossilen Spongien, wie Goldfuß, für Verwandte der lebenden Hornschwämme, bei denen sich die Hornfasern durch den Fossilisationsproceß in Stein umgewandelt hätten. Die Werke von Geinitz, Klipstein, Pusch, E. A. Reuß, Quenstedt, F. A. Roemer rc. vermehren den Formenschatz der fossilen Spongien, nicht aber ihre wissenschaftliche Erkenntniß. Eine bemerkenswerthe Stellung in der älteren Spongienliteratur nehmen zwei kurze Abhandlungen von Toulmin Smith (1847—1848) ein, worin die Struktur der Ventriculitiden aus der weißen Kreide ziemlich richtig dargestellt ist. Da jedoch damals die nächst verwandten recenten Hexactinelliden noch unbekannt waren, so kam T. Smith zu ganz falschen Schlußfolgerungen über die Natur und systematische Stellung dieser Versteinerungen. Er vergleicht sie mit Bryozoen. Im Jahre 1851 stellte d'Orbigny ein ganz verunglücktes, lediglich auf äußere Merkmale begründetes System der fossilen Spongien auf. Er stellte sie als »Petrospongiae« den recenten Schwämmen gegenüber und schrieb ihnen ein ursprünglich steinartiges, kalkiges Faserskelet zu. Nach d'Orbigny bilden die Petrospongien eine eigenartige, erloschene Abtheilung. Die d'Obrigny'sche Grundauffassung wurde von Fromentel getheilt, die Classification der fossilen Steinschwämme (Spongitaria) aber unter Verwerthung des Canalsystems und der verschiedenartigen Poren und Oeffnungen an der Oberfläche stark umgestaltet und eine Menge neuer Gattungen und Arten geschaffen. Mit Ausnahme von Quenstedt, welcher noch in seiner neuesten Monographie der fossilen Schwämme, worin auf 28 schönen Foliotafeln fast alle bis zum Jahr 1878 bekannten fossilen Schwämme abgebildet sind, an dem Standpunkt von Goldfuß und Michelin festhält, folgten die meisten anderen Autoren, namentlich Fr. Ad. Roemer dem Beispiel Fromentel's. Roemer machte allerdings auf die Verschiedenheit der Spongien mit gitterförmigem und wurmförmig-faserigem Skelet aufmerksam, und auch A. Pomel berücksichtigte in seinem

verfehlten, mit neuen und schlecht begründeten Gattungen überladenen System die Strukturverhältnisse, soweit sie mit unbewaffnetem Auge oder mit Lupe zu erkennen sind. Mit den Tiefseeforschungen der Neuzeit beginnt auch eine neue Aera für die fossilen Spongien. Wyville Thomson, der Führer der Challenger-Expedition, machte zuerst auf die Strukturähnlichkeit fossiler Ventriculiten mit lebenden Glasschwämmen aufmerksam, und Oscar Schmidt konnte (1870) in Aetzrückständen jurassischer und cretaceischer Gesteine Skelettheile von fossilen Hexactinelliden und Lithistiden nachweisen. Trotzdem standen die fossilen Spongien den lebenden Formen als eine fremdartige Masse gegenüber, bis sich fast gleichzeitig Zittel und Sollas entschlossen, die mikroskopische Untersuchungsmethode auch auf fossile Seeschwämme anzuwenden. Sollas wies (1877) an einigen Gattungen aus der englischen Kreide die Strukturübereinstimmung mit lebenden Hexactinelliden, Lithistiden und Monactinelliden nach, und Zittel eröffnete (1876) seine die Gesammtheit der fossilen Spongien umfassenden mikroskopischen Untersuchungen mit einer Monographie der Gattung Coeloptychium. Hier und in den im folgenden Jahre veröffentlichten Studien über fossile Spongien konnte mit voller Bestimmtheit der Nachweis geliefert werden, daß alle fossilen Spongien sich in den Rahmen des für die lebenden Formen aufgestellten Systems einfügen lassen. Nachdem es Zittel gelungen war, zu zeigen, wie bei einem großen Theil der von älteren Autoren für Kalkschwämme gehaltenen Spongien das ursprünglich kieselige Skelet durch Auflösung zerstört, und wie die entstandenen Hohlräume nachträglich durch kohlensauren Kalk ausgefüllt werden, war die größte Schwierigkeit für die richtige Beurtheilung der fossilen Kieselschwämme behoben. Auch die Existenz zahlreicher fossiler Calcispongien, welche E. Haeckel in seiner Monographie der Kalkschwämme (1872) in Abrede gestellt hatte, wurde von Zittel bewiesen und trotz anfänglichen Widerspruchs nachträglich allgemein anerkannt. Die von Zittel und Sollas eingeschlagene Methode wurde in fast allen späteren paläontologischen Publicationen über fossile Spongien befolgt und die von Zittel für lebende und fossile Spongien vorgeschlagene Classification durch die zoologischen und anatomischen Untersuchungen von O. Schmidt, F. Eilh. Schulze, Carter, Vosmaer, Lendenfeld u. A. in der Hauptsache bestätigt und verbessert.

Die hervorragendsten Kenner fossiler Spongien sind jetzt G. J. Hinde und Herm. Rauff. Von ersterem rührt eine Monographie der im britischen Museum befindlichen fossilen Seeschwämme (1884) und eine in der Palaeontographical Society seit 1887 erscheinende, noch unvollendete Monographie der fossilen Formen Großbritanniens her. Herm. Rauff hat in seiner Paläospongiologie (1893) eine musterhafte Darstellung aller paläozoischen Formen geliefert. Ueber Spongien aus älteren Ablagerungen schrieben außerdem J. Hall, Ferd. Roemer, E. O. Ulrich, Dunikowsky, Tschernitschew, über mesozoische Laube, Oppliger, Schlüter, Počta, Sinzow u. A., über tertiäre A. Manzoni und Pomel, über fossile Kalkschwämme G. Steinmann. Die noch immer räthselhaften paläozoischen Receptaculiden, welche bald zu den Foraminiferen, bald zu den Kalkalgen, bald zu den Spongien gerechnet werden, wurden von C. W. Gümbel, Hinde und H. Rauff eingehend bearbeitet.

Coelenteraten. Ueber die Organisation der gegenwärtig als Coelenteraten bezeichneten Organismen herrschte bis 1825 große Unsicherheit. Die Classificationsversuche von V. F. Lamouroux, Esper, Lamarck u. A. leiden an großen Gebrechen, und erst durch die Untersuchungen von Ehrenberg und Milne-Edwards wurden die Zoophyten von fremden Beimischungen gereinigt und ihr anatomischen Bau genauer bekannt. Ehrenberg stützte seine Classification der Korallenthiere ausschließlich auf lebende Formen und besonders auf solche aus dem rothen Meer. Er legte auf die Zahl der Tentakeln besonderes Gewicht und unterschied darnach seine Hauptgruppen.

In den Tafelwerken von Goldfuß (1826), Michelin (1841 bis 1847), Lonsdale und Mac Coy sind zwar eine große Anzahl fossiler Korallen beschrieben und theilweise vortrefflich abgebildet, allein diese Werke nehmen wenig Rücksicht auf lebende Formen und stehen noch ganz auf dem Standpunkt von Guettard, Parkinson und Schlotheim. Eine neue wissenschaftliche Aera für die Kenntniß der lebenden und fossilen Korallen beginnt erst mit den bahnbrechenden Arbeiten von Milne-Edwards*) und Haime. Ihre Unter-

*) Milne-Edwards Henri, geboren 1800 in Brügge, studierte in Paris Medicin und wurde zuerst Professor der Naturgeschichte am Collège Henri IV, dann 1841 am Museum. Im Jahr 1862 erhielt er die Professur der Zoologie und zwei Jahre später die Direction des Museums; starb 1885 in Paris

suchungen über die Organisation der lebenden Polypen, über den Aufbau der Kalkskelete und ihr umfassendes Werk über sämmtliche bekannten lebenden und fossilen Korallen haben die Anschauungen über die Organisation, Struktur und Systematik dieser Classe gänzlich umgestaltet. Das Milne-Edwards'sche, auf die Beschaffenheit und das Wachsthumsgesetz der Steinleisten begründete System der Steinkorallen steht noch heute in Gültigkeit, wenn es auch in manchen Punkten später modificiert wurde. Die beiden Mustermonographieen über paläozoische Korallen wurden für fast alle späteren paläontologischen Arbeiten von E. A. Reuß, E. de Fromentel, de Koninck, M. Duncan, F. Koby, J. Hall, Becker, Milaschewitsch, d'Acchiardi u. A. vorbildlich. Quenstedt allein hält sowohl in seinen Lehrbüchern als auch in seiner Petrefaktenkunde Deutschlands (Bd. VII, 1889) wie bei den Spongien an dem veralteten Standpunkt von Goldfuß fest und befolgt bei den Korallen, zu denen er auch noch die Bryozoen stellt, der Hauptsache nach das Ehrenberg'sche System. Eine wichtige kleine Abhandlung von A. Kunth zeigt (1869) den fundamentalen Unterschied in der Einschaltung der Septen bei der paläozoischen Ordnung der Rugosa und deren bilateralsymmetrische Anordnung. Dieselben wurden von nun an als Tetracorallia oder Pterocorallia den übrigen Steinkorallen, welche nach dem Milne-Edwards'schen Wachsthumsgesetz gebaut sind (Hexacorallia) gegenüber gestellt und ihre Kenntniß durch die Arbeiten von Dybowski, Nicholson, Cl. Schlüter, G. Lindström, Frech, Stuckenberg u. A. wesentlich gefördert. Die schönen embryologischen Untersuchungen von Lacaze-Duthiers (1872) veranlaßten eine erneute Prüfung des Milne-Edwards'schen Wachsthumsgesetzes, und die Entdeckungen von L. Agassiz und Moseley über die zoologische Verwandtschaft von Millepora und Heliopora erschütterten die Milne-Edward'sche Ordnung der Tabulata in ihren Grundfesten. Eine stattliche Anzahl paläontologischer Arbeiten von Nicholson, Lindström, Dybowski, F. Roemer, Verrill, Schlüter, Waagen, Wentzel, Weißermel, Kiär u. A., die theilweise erst in neuester Zeit erschienen sind, suchen durch eingehendste Untersuchungen über die Form- und Wachsthumsverhältnisse, Organisation und feinere Struktur diese aus verschiedenartigen Elementen zusammengesetzte Gruppe aufzuklären. Von Milne-Edwards und Haime war die mikroskopische Struktur der Kalkgerüste wenig berücksichtigt worden.

Erst Kölliker lenkte (1865) darauf die Aufmerksamkeit; es folgten dann fast gleichzeitig (1882) die schönen Arbeiten von Pratz und G. v. Koch und später jene von Nicholson, Frech, Voltz, Felix, Struve u. A. In umfassendster Weise hat Marie Ogilvie den mikroskopischen Bau von lebenden und fossilen Korallengerüsten unter-sucht und die Resultate dieser Studien zu einer Reform der Syste-matik verwerthet, worin namentlich der Gegensatz zwischen Tetra-korallen und Hexakorallen, sowie zwischen Eporosa und Perforata wesentlich abgeschwächt erscheint.

Nachdem Moseley (1877) seine Abhandlung über Millepora veröffentlicht hatte, und im gleichen Jahr J. Carter auf die nahe Verwandtschaft von Hydractinia, Parkeria und Stromatopora hingewiesen, wurden eine Anzahl bis dahin bald zu den Korallen und Bryozoen, bald zu den Spongien, bald zu den Foraminiferen gerechneten fossilen Organismen als Hydrozoen erkannt. Stein-mann (1878) und Canavari (1893) beschrieben verschiedene neue Gattungen aus Jura und Kreide, Bargatzki die im rheinischen Devon vorkommenden Stromatoporen (1881) und Nicholson veröffentlichte (1886—1892) eine erschöpfende Monographie aller bekannten Stro-matoporiden.

Die erloschene und auf die ältesten fossilführenden Ablagerungen (Silur und Cambrium) beschränkten Hydrozoengruppe der Grapto-lithen hat die Paläontologen vielfach beschäftigt. Sie wurden von Wahlenberg und Schlotheim für gekammerte Cephalopoden, von Quenstedt für Foraminiferen gehalten, von Anderen zu den Hornkorallen gestellt. Portlock erkannte (1843) zuerst ihre Be-ziehungen zu den Sertularien. Barrande veröffentlichte (1850) die erste sehr sorgfältige, jedoch auf ungenügendes Material begründete Abhandlung über böhmische Graptolithen, vergleicht sie aber noch mit den Pennatuliden. Die Arbeiten von E. Sueß, Scharenberg, Geinitz und Richter fördern die Kenntniß der Graptolithen nur in bescheidenem Maß, dagegen enthüllt eine treffliche Monographie der in der Quebec-Gruppe vorkommenden Graptolithen von J. Hall (1865) eine Menge neuer, vorzüglich erhaltener Formen und gewährt über die Organisation und zoologische Stellung derselben wichtige Aufschlüsse. Im Jahr 1872 faßte Nicholson alle bekannten That-sachen über Graptolithen in einer lichtvollen Uebersicht zusammen, und 1873 erschienen die ersten Mittheilungen von Ch. Lapworth,

welche bis 1881 fortgesetzt wurden und über den Bau, die Entwickelung, Wachsthumsverhältnisse und geologische Verbreitung der Graptolithen neue und wichtige Aufschlüsse gewährten. Auf die schönen Untersuchungen von Lapworth stützen sich alle späteren Arbeiten. In neuester Zeit haben G. Holm und Wimann mittels geschickter Präparationsmethode die feinsten Organisationsverhältnisse verschiedener Graptolithengattungen ermittelt und R. Rüdemann (1895) durch glückliche Funde über die Lebensweise und Verwandtschaft dieser merkwürdigen Organismen Licht verbreitet.

Fossile **Medusen** gehören naturgemäß zu den seltenen Vorkommnissen, doch kennt man aus dem lithographischen Schiefer des fränkischen Jura seit langem deutliche Abdrücke, die von E. Beyrich (1849), E. Haeckel (1865—1870) und v. Ammon (1883) sorgfältig beschrieben wurden. Nathorst deutete (1881) gewisse, aus cambrischem Sandstein Schwedens stammende Ausgüsse für Medusen, und in neuester Zeit (1898) beschrieb Walcott eine große Anzahl aus cambrischen Ablagerungen Nordamerikas stammende Gebilde als Medusen.

Echinodermen. Schon im vorigen Jahrhundert hatte Klein für die Seeigel den Classennamen Echinodermen vorgeschlagen. Cuvier vereinigte darunter auch die Seesterne, Holothurien und Encriniten, ohne jedoch aus den letzteren eine besondere Abtheilung zu bilden. Erst 1821 erschien von dem in Dublin lebenden Danziger J. S. Miller eine vortreffliche Monographie der damals bekannten fossilen Seelilien, die unter der Bezeichnung Crinoideen zusammengefaßt wurden. 1828 stellte Fleming für die im Jahr 1820 von Say im nordamerikanischen Kohlenkalk entdeckten Pentremiten die Gruppe der Blastoideen auf, und 1845 errichtete L. v. Buch für eine bis dahin wenig bekannte Gruppe von fossilen Crinoideen die Gruppe der Cystideen. Damit waren der Umfang und die Hauptabtheilungen der Echinodermen definitiv festgestellt und es bedurfte nur der Anregung Rud. Leuckart's, um (1848) dieselben als selbständigen Thierstamm von den bis dahin damit vereinigten Coelenteraten zu scheiden. Verdankt man Leuckart die Umgrenzung dieser beiden Thiertypen, so war er es auch, welcher zuerst Crinoidea, Cystoidea und Blastoidea unter dem gemeinsamen Namen Pelmatozoa den übrigen drei Classen der Echinodermen gegenüber stellte.

Die Systematik und Morphologie der Pelmatozoa wurde vorzugsweise von paläontologischer Seite, jedoch meist in gleichem Tempo

mit den Fortschritten der zoologischen Forschung ausgebildet. Schon das erste zusammenfassende Werk von J. S. Miller (1821) ist eine Meisterleistung. Die wichtigsten Theile des Hautskeletes sind in klarer Weise dargestellt und der Bau des Kelches zur Grundlage einer Systematik verwendet, auf welche man in neuester Zeit wieder vielfach zurückgegriffen hat. Goldfuß und Münster haben die Formenkenntniß der fossilen Crinoideen zwar vermehrt, jedoch zum Verständniß der Organisationsverhältnisse wenig beigetragen. Um so wichtiger wurden drei Abhandlungen des Anatomen Joh. Müller über den Bau des Pentacrinus (1841), über Comatula (1847) und über den Bau der Echinodermen überhaupt (1853), welche in den Abhandlungen der Berliner Akademie erschienen und Dezennien lang die Grundlage für die Kenntniß der Organisation der Crinoideen bildeten.

Joh. Müller berücksichtigte bei seinen Studien auch die fossilen Formen und theilte die damals bekannten Crinoideen in drei Gruppen (Tessellata, Articulata und Costata) ein. Fast gleichzeitig mit den Müller'schen Arbeiten erschien in England von den beiden Austin eine Monographie der recenten und fossilen Crinoideen (1843), deren Ergebnisse jedoch trotz vieler guter und neuer Beobachtungen auf unfruchtbaren Boden fielen, da ihre Eintheilung in gestielte resp. festgewachsene und freischwimmende Formen sich namentlich nach der durch Vaugham Thomson (1836) nachgewiesenen Entwickelung der Gattung Comatula aus einer gestielten Pentacrinus ähnlichen Larve als naturwidrig erwies. Durch die verdienstlichen Arbeiten von Lonsdale, J. Phillips, de Koninck und Le Hon (1854), J. Hall (1847—1872), Billings (1858—1859), Ferd. Roemer (1860), Ludw. Schultze (1866), Meek und Worthen (1866—1875), S. A. Miller, F. E. Gurley, Oehlert u. A. wurde die Kenntniß der paläozoischen, durch d'Orbigny (1840) und E. Beyrich (1857) jene der mesozoischen bedeutend gefördert. Mittlerweile war auch der anatomische Bau des lebenden Pentacrinus durch Lütken (1864) und jener der Comatuliden durch Wyville Thomson (1865) und W. B. Carpenter (1866) klar gelegt worden. Die Tiefseeforschungen in Norwegen führten zur Entdeckung des Rhizocrinus, welcher eingehende Untersuchungen von M. Sars (1868) und Hub. Ludwig (1877) veranlaßte, die sofort in der paläontologischen Literatur ihren Wiederhall fanden. Quenstedt's reich illustrierte Petrefaktenkunde Deutschlands (Bd. VI, 1874—1876) steht zwar, was

Systematik und Organisationsverhältnisse anbelangt, auf veraltetem Standpunkt, enthält aber mancherlei wichtige Detailbeobachtungen, und auch Angelin's posthume, durch Lindström (1878) veröffentlichte Iconographie der schwedischen Crinoideen bringt eine überraschende Menge wundervoll erhaltener neuer Formen, nimmt aber auf die Ergebnisse der zoologischen Forschung wenig Rücksicht. Um so enger vereinigen die Arbeiten von Herbert Carpenter über fossile und lebende Crinoideen die Resultate von Zoologie und Paläontologie, und auch die seit 1877 beginnenden und bis 1897 fortgesetzten fundamentalen Arbeiten der beiden Amerikaner Wachsmuth*) und Springer, sowie die schönen Arbeiten von P. de Loriol über mesozoische, F. A. Bather über englische und schwedische (1890—1893) und von O. Jaekel über paläozoische Crinoideen und deren Classification bewegen sich auf streng wissenschaftlichem Boden.

Die ausgestorbene Ordnung der Cystoidea wurde durch eine kurze, aber meisterliche Abhandlung von Leop. v. Buch (1845) begründet. A. v. Volborth (1845—1846) und F. Schmidt (1874) beschäftigten sich mit den russischen, Edw. Forbes**) (1848) mit den britischen, J. Hall und E. Billings mit den nordamerikanischen Cystoideen. Eine von Barrande verfaßte Monographie der böhmischen Formen gab W. Waagen (1887) nach dem Tode des Verfassers heraus. Mit der Organisation, Systematik und zoologischen Stellung der Cystoideen haben sich in neuester Zeit E. Haeckel und

---

*) Wachsmuth Karl, geboren 1829 in Hannover als Sohn eines hervorragenden Advokaten, widmete sich dem kaufmännischen Beruf, kam 1852 als Agent einer Hamburger Rhederei nach New-York, siedelte aber bald aus Gesundheitsrücksichten nach Burlington (Jowa) über. Dort brachte er eine prachtvolle Sammlung fossiler Crinoideen zusammen, die später von Agassiz für das Museum von Cambridge, Mass., erworben wurde und widmete sich von 1864 bis zu seinem Tode dem Studium der Crinoideen; starb am 7. Februar 1896 in Burlington.

**) Forbes Edward, geboren 1815 auf der Insel Man, studierte in London, Edinburg und Paris Medicin und Naturwissenschaften, machte Reisen nach Algier, in die Alpen und Kleinasien und führte im Aegäischen Meer seine berühmten Forschungen über die Vertheilung der Meeresorganismen in verschiedenen Tiefen aus. 1843 kehrte er als Professor der Botanik am King's College nach London zurück, wurde bei Begründung der Geological Survey zum Paläontologen und Professor der Naturgeschichte ernannt; welche Stelle er kurz vor seinem Tode mit der Professur für Naturgeschichte in Edinburg vertauschte; starb 1854.

O. Jaekel eingehend beschäftigt, gelangten jedoch zu wesentlich abweichenden Ergebnissen.

Die kleine Gruppe der Blastoideen wurde 1830 von Say entdeckt, aber wissenschaftlich erst (1852) durch eine ausgezeichnete Abhandlung von Ferd. Roemer begründet. Spätere Arbeiten von B. F. Shumard, Billings u. A. haben zwar den Formenreichthum erweitert, konnten jedoch die grundlegenden Beobachtungen F. Roemer's nur in nebensächlichen Punkten berichtigen und ergänzen. Eine zusammenfassende Darstellung des gesammten Wissens über die Blastoideen enthält der schön illustrierte Katalog der Blastoideen im britischen Museum von Rob. Etheridge und Herb. Carpenter.

Im Vergleich mit den formenreichen Pelmatozoen haben die **Seesterne** unerhebliche Bedeutung. Abgesehen von Abbildungen einzelner Gattungen und Arten durch Goldfuß, Hagenow, Mantell, Dixon u. A. hat Edw. Forbes die ersten wissenschaftlichen Monographieen über fossile Asteriden aus den britischen Kreide- und Tertiärbildungen geliefert. Th. Wright beschrieb in gleicher Weise die mesozoischen, Salter die paläozoischen Formen Großbritanniens. Durch Joh. Müller (1855), Ferd. Roemer, Simonowitsch und Stürtz wurden die im rheinischen Devon, durch J. Hall die im Palaeozoicum Nordamerikas vorkommenden fossilen Formen bekannt. Verschiedene Abhandlungen von P. de Loriol und Percy Sladen beschäftigen sich mit fossilen und lebenden Asteriden; die jurassischen Ophiuren und Asteriden Deutschlands sind von Pohlig, Eb. Fraas und G. Böhm bearbeitet worden. Ueberall schließt sich die paläontologische Literatur eng an die zoologische, namentlich an das grundlegende Werk von Joh. Müller und Troschel an, da die Organisationsverhältnisse der fossilen Seesterne nicht sehr erheblich von denen der Jetztzeit abweichen.

Bei den **Echiniden** fanden die fossilen Formen schon in den ältesten systematischen Werken von Breyn und Klein volle Beachtung und seitdem schritt die Kenntniß der lebenden und fossilen Seeigel ziemlich gleichmäßig vorwärts. Die Petrefaktenkunde Deutschlands von Goldfuß, Desmoulins' Studien (1834—1837) und Sismonda's Monographieen über fossile Echiniden von Piemont und Nizza enthalten die Beschreibung zahlreicher neuer fossiler Arten. Eine streng wissenschaftliche Literatur beginnt jedoch erst mit den

Untersuchungen von L. Agassiz (1838—1841) über lebende und fossile Seeigel, neben denen gleichzeitig die in Gemeinschaft mit E. Desor ausgeführten Publicationen über fossile Echiniden der Schweiz, sowie Valentin's wichtige Beobachtungen über die Anatomie und Histologie der Gattung Echinus herliefen. Eine im Umfang beschränkte, aber inhaltreiche Abhandlung von Alb. Gras (1848) wurde für die Entwickelung der Systematik, der fossilen Seeigel bedeutungsvoll, weil sich E. Desor*) in seiner für Dezennien maßgebenden Synopsis der fossilen Echiniden seinen Haupteintheilungsprincipien anschloß. Im Jahr 1848 erschienen die ersten Publicationen von G. Cotteau und Edw. Forbes über fossile Seeigel, denen Alcide d'Orbigny's irreguläre Echiniden aus der französischen Kreideformation und die mit wundervollen Abbildungen ausgestatteten Monographieen von Th. Wright über britische Jura- und Kreide-Seeigel folgten. Nach dem Tode der drei Letztgenannten beherrschte G. Cotteau**) mehr als ein Dezennium hindurch fast allein das Gebiet der fossilen Seeigel, deren Kenntniß er sowohl durch die Paléontologie Française als auch durch zahlreiche andere Werke und Abhandlungen wie kein Anderer vor und nach ihm gefördert hat. Alle seine Arbeiten zeichnen sich durch seltene Genauigkeit und Schärfe der Beobachtung aus. Was Systematik betrifft, so steht Cotteau der Hauptsache nach auf dem von Desor und Wright geschaffenen Boden und auch die in neuerer Zeit thätigen Autoren, wie Pomel, de Loriol, G. Laube, W. Dames, Péron, Gauthiers, Schlüter, Duncan, Percy

*) Desor Eduard, geb. 1811 in Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M., war längere Zeit Mitarbeiter von Agassiz bei dessen paläontologischen und glacialen Studien und folgte demselben auch nach Amerika, kehrte jedoch in Folge von Mißhelligkeiten mit Agassiz nach Neuchâtel zurück und wurde Professor der Geologie an der dortigen Akademie. Durch den Tod eines Bruders in unabhängige Lage versetzt, zog er sich nach Combe Varin im Val Travers zurück und beschäftigte sich besonders mit geologischen und prähistorischen Studien; starb am 23. Februar 1882 in Nizza.

**) Cotteau Gustave, geboren 17. December 1818 in Auxerre, machte in Auxerre und Paris seine juristischen Studien und wurde 1846 Richter in seiner Vaterstadt, wurde 1851 nach Bar-sur-Aube, 1853 nach Coulommiers versetzt und kehrte 1862 als Mitglied des Tribunals nach Auxerre zurück. Cotteau galt für die erste Autorität auf dem Gebiete der fossilen Echiniden; das Institut de France wählte ihn 1887 zum correspondierenden Mitglied, die Société géologique zweimal 1874 und 1886 zum Präsidenten. Er starb am 10. August 1894 in Auxerre.

Sladen u. A. folgen mit mehr oder weniger Abweichungen den von Desor und Cotteau vorgezeichneten Bahnen. Eine vortreffliche, die feineren Strukturverhältnisse der Schale, namentlich die Anordnung der Täfelchen und Poren bei den verschiedenen Familien von Seeigeln berücksichtigende Abhandlung von Sven Lovèn (1874), sowie die mit vollständiger Bibliographie versehene Revision der Echiniden von Al. Agassiz haben auch für die Paläontologie Bedeutung und werden stets Fundamentalwerke für die Kenntniß der Seeigel bleiben. Mit den fremdartigen Formen der paläozoischen Periode haben sich Joh. Müller, Mac Coy, F. Roemer, J. Hall, Meek, Worthen, Fr. Schmidt, Neumayr, Jaekel, Tornquist u. A. beschäftigt.

Ohne erheblichen Belang sind die Beobachtungen über Reste von fossilen **Holothurien**. Sie beschränken sich auf die Beschreibung isolierter Gebilde des Hautskeletes, die von C. v. Siebold, Schwager, Terquem, Etheridge, Schlumberger u. A. in Ablagerungen verschiedenen Alters nachgewiesen und mit recenten Formen verglichen wurden.

Würmer. Den ungünstigen Erhaltungsbedingungen fossiler Würmer ist es zuzuschreiben, daß die paläontologische Literatur über diese formenreiche Abtheilung des Thierreichs nur einen geringen Umfang und wenig wissenschaftliche Bedeutung besitzt. Fossile Annelidenröhren sind allerdings vielfach beschrieben worden, und auch mit problematischen, in paläozoischen Ablagerungen und im Flysch verbreiteten Abdrücken, Spuren oder Hohlräumen, welche vielfach auf Würmer zurückgeführt wurden, befassen sich Abhandlungen von Emmons, Hall, Mac Coy, Geinitz, Liebe, Richter, Delgado, Gümbel, Nicholson, Tromelin, Fuchs u. A., allein Nathorst hat darin zum größten Theil nicht genauer bestimmbare Kriechspuren von Crustaceen, Mollusken, Anneliden und anderer Organismen erkannt. Verlässigere Anhaltspunkte über die Existenz fossiler Anneliden gewähren die Abhandlungen von Massalonga und Ehlers über Euniciten aus dem Tertiär des Monte Bolca und aus dem lithographischen Schiefer von Bayern. Von G. J. Hinde wurden zahlreiche kleine Kiefertheile von Anneliden aus paläozoischen Ablagerungen beschrieben, die theilweise, wie auch Zittel und Rohon zeigten, mit den von Ch. Pander als Fischzähne gedeuteten Conodonten übereinstimmen.

Molluskoiden. H. Milne-Edwards hatte 1850 die Bryozoen, Brachiopoden und Tunicaten unter der Bezeichnung Molluskoiden zusammengefaßt und den Mollusken als gleichwerthige Gruppe gegenüber gestellt. Fossile Bryozoen finden sich bereits in den Werken von Lamouroux, Goldfuß, Lonsdale, Michelin u. A. beschrieben und abgebildet, aber erst d'Orbigny machte (1850) den Versuch, die fossilen und lebenden Formen systematisch zu sichten und auf zwei Ordnungen (Bryozoaires cellulinés et centrifuginés) zu vertheilen. Im fünften Band der Paléontologie française (1850—1851) sind aus der Kreide nicht weniger als 1929 Species und 219 Gattungen beschrieben und abgebildet. d'Orbigny's Classification ist übrigens durchaus künstlich. Merkmale von untergeordneter Bedeutung werden zur Begründung von Gattungen und Familien verwerthet und dadurch eine Menge werthloser Namen geschaffen. Die Publicationen von Mac Coy und J. Hall (1851—1852) über paläozoische Bryozoen, sowie die trefflichen Abhandlungen von Hagenow (1851) über die Bryozoen der Maestrichter Kreide und von J. Haime (1854) über Jura-Bryozoen sind durch d'Orbigny kaum oder nur wenig beeinflußt. G. Busk ging von dem Studium der lebenden Bryozoen zu den fossilen über und veröffentlichte eine leider unvollendet gebliebene Monographie der Bryozoen oder Polyzoen aus dem englischen Crag, worin das d'Orbigny'sche System erheblich modificiert wird. Busk theilte die mit kalkigen Hüllen versehenen Formen in zwei Ordnungen (Cheilostomata und Cyclostomata) ein, welche ziemlich genau den beiden Hauptgruppen von d'Orbigny entsprechen, verwerthete aber für die Unterscheidung von Familien und Gattungen in erster Linie die Aggregationsverhältnisse und dann erst die Merkmale der einzelnen Zellen. Während die Kenntniß der Organisationsverhältnisse der lebenden Bryozoen in neuerer Zeit vorzugsweise durch van Beneden, Smitt, Nitsche und Hincks gefördert wurde, machten sich F. Stoliczka, A. E. Reuß, Beißel, Novák, Manzoni, Waters, Pergens u. A. um die Kenntniß der tertiären und mesozoischen, Lonsdale, Mac Coy, Prout, Vine und namentlich J. Hall und E. O. Ulrich um die der paläozoischen Formen verdient. Eine ziemlich umfangreiche Literatur haben die paläozoischen Chätetiden und Monticuliporiden hervorgerufen, welche von Milne-Edwards, J. Haime, Nicholson und

Dybowski zu den Korallen, von Rominger, Lindström und Ulrich zu den Bryozoen gestellt werden.

Im Gegensatz zu den meisten übrigen Classen des Thierreichs waren fossile Reste von **Brachiopoden** früher bekannt als recente Formen. Seit dem 17. Jahrhundert spielen Terebratuliten oder Conchae anomiae in den naturgeschichtlichen Bilderwerken eine nicht unbedeutende Rolle. Das Thier einer Terebratulina wurde erst 1774 durch Gründler bekannt. Den Namen Brachiopoden führte 1807 Duméril ein. Lamarck unterschied (1818) nur drei Gattungen (Orbicula, Terebratula und Lingula), indem er Discina, Calceola und Crania mit den Rudisten zu den Muscheln versetzte. Blainville vereinigte im Manuel de Malacologie (1824) unter dem Namen Palliobranchiata nicht nur die damals bekannten Brachiopoden, sondern auch die Rudisten und einige fossile Lamellibranchiaten, wie Plagiostoma, Podopsis u. a.

Eine Abhandlung von durchschlagender Wirkung „über Terebrateln" veröffentlichte 1834 Leopold v. Buch. Er machte auf mancherlei, vorher wenig beachtete Eigenthümlichkeiten dieser Schalen aufmerksam und berücksichtigte in seinem Classificationsversuch vorzugsweise die Beschaffenheit der Schnabelregion. Es folgten nun im nächsten Dezennium eine Anzahl meist stratigraphisch-paläontologischer Werke von J. Phillips, Verneuil, d'Orbigny, Barrande, Quenstedt u. A., worin eine Menge neuer fossiler Brachiopoden beschrieben und abgebildet sind. Auch über die Anatomie und Organisation der Thiere erhielt man durch R. Owen (1835) und Hancock (1858), über die feinere Struktur und den innern Bau der Schalen durch King (1846), W. B. Carpenter (1844) und Gratiolet Klarheit. W. King schlug (1846) eine neue Systematik vor, welche in erster Linie innere Merkmale, namentlich das Armgerüst, Muskeleindrücke, Scheidewände und sonstige Bildungen berücksichtigt. In der Monographie der Permian Fossils (1849—1850) vervollständigte King sein System und vertheilt sämmtliche Brachiopoden auf 3 Ordnungen, 16 Familien und 49 Gattungen. Th. Davidson*) vereinfachte in mancher Hinsicht die King'sche Classification, schließt sich aber in den

*) Davidson Thomas, geboren 1817 zu Moir Hous in Midlothian, Schottland, brachte seine Jugend größtentheils auf dem Continent zu und theilte sein Interesse zwischen Kunst und Wissenschaft. Er arbeitete in Paris in den Ateliers von Horace Vernet und Delaroche und besuchte die Vorlesungen

Grundprincipien seinem Vorgänger an. Mit einer meisterhaften Einleitung, worin R. Owen die Anatomie des Thieres, W. B. Carpenter die Histologie der Schalen übernommen hatte, eröffnete Th. Davidson (1851) die Reihe seiner prächtigen Monographieen über fossile Brachiopoden, die für alle späteren Publicationen maßgebend wurden und die Literatur dieser Classe auf eine in anderen Abtheilungen der Invertebraten kaum erreichte Höhe brachten. Davidson hat zwischen 1851 und 1870 in drei stattlichen Bänden der Palaeontographical Society die in Großbritannien vorkommenden fossilen Brachiopoden beschrieben und mit eigener Hand abgebildet; zwischen 1873 und 1885 folgten drei weitere Supplementbände und schließlich auch eine Uebersicht der lebenden Formen nebst einer vollständigen Bibliographie. Mit einer zweiten, vervollständigten und in mehrfacher Hinsicht verbesserten Auflage der Introduction schloß Davidson kurz vor seinem Tode in würdiger Weise seine Lebensaufgabe ab. Mit Ausnahme von F. A. Quenstedt, welcher im 2. Bande seiner Petrefactenkunde Deutschlands noch 1871 auf dem v. Buch'schen Boden verbleibt, schließen sich alle neueren Arbeiten über Brachiopoden Davidson an. Eine ungemein reiche, vielfach in stratigraphisch-paläontologischen Werken zerstreute Literatur beschäftigt sich mit fossilen Brachiopoden. Durch Barrande, Mac Coy, Salter, Pander, Fr. Schmidt, Pahlen, Mickwitz, Lindström, Linnarsson, Fr. A. Roemer, Schnur, F. und G. Sandberger, Geinitz, Waagen, Kayser, Frech, Oehlert, J. Hall, Meek, Worthen, Gemmellaro u. A. sind die paläozoischen, durch Graf zu Münster, v. Klipstein, E. Sueß, Laube, Zugmayr, Bittner die triasischen, durch Eug. Deslongchamps, Dumortier, Quenstedt, Oppel, Loriol, Sueß, Zeuschner u. A. die jurassischen, durch d'Orbigny, Bosquet, F. A. Roemer, U. Schloenbach, Geinitz, Pictet, P. de Loriol u. A. die cretaceischen, durch Davidson und Seguenza die tertiären Brachiopoden eingehend studiert worden. Davidson vertrat in systematischer Hinsicht einen conservativen Standpunkt. Seine ziemlich weitgefaßten Gattungen und Arten tragen der Variabilität in vollstem Maße Rechnung. Eine neuere, namentlich in Nordamerika verbreitete

von Elie de Beaumont, Milne-Edwards u. A. In Edinburg studierte er Naturwissenschaften, in Rom wurde er durch Leop. v. Buch zum Studium der Brachiopoden angeregt, worin er nunmehr seine Lebensaufgabe erblickte. Er nahm in Brighton seinen Wohnsitz und starb daselbst am 14. October 1885.

und von J. Hall, Clarke und Beecher, in Europa besonders von W. Waagen und Al. Bittner begünstigte Richtung sucht in möglichst enger Begrenzung der systematischen Einheiten die Kenntniß der fossilen Brachiopoden zu fördern und dieselben für stratigraphische Zwecke nutzbar zu machen. In einer verdienstlichen systematischen Uebersicht aller bekannten Brachiopoden, welche einer umfangreichen Monographie der paläozoischen Formen als Einleitung dient, haben J. Hall und Clarke die Zahl der bisherigen Gattungen außerordentlich vermehrt und zahlreiche ältere Arten zum Rang von Gattungen erhoben. Ein neuer Classificationsversuch von Beecher (1889) sucht die Uebereinstimmung der ontogenetischen und phylogenetischen Entwickelung manchmal etwas gewaltsam zum Ausdruck zu bringen und legt wieder auf die Beschaffenheit und Veränderungen in der Schnabelregion großes Gewicht.

Mollusken. In nicht geringerem Maß als bei den Brachiopoden hat sich die Paläontologie an der Ausbildung der Conchyliologie betheiligt. Eine beträchtliche Quote der stratigraphisch-paläontologischen Literatur befaßt sich mit der Beschreibung von fossilen Muscheln und Schneckenschalen. Das Studium der Weichtheile und die Begründung einer naturgemäßen Systematik blieb der Zoologie vorbehalten; die Paläontologie mußte bei den Mollusken überall der besser begünstigten Schwesterwissenschaft folgen. Für die Conchyliologie hatte Lamarck in seiner Naturgeschichte der wirbellosen Thiere (1816—1823) eine treffliche Grundlage geschaffen, die durch P. Deshayes theils in einer neuen Auflage des Lamarck'schen Werkes, theils in einem selbständigen, leider unvollendet gebliebenen Lehrbuch (1839—1859) ergänzt und verbessert wurde. Neuere übersichtliche Darstellungen der lebenden und fossilen Mollusken verdankt man S. P. Woodward (1851—1854), R. A. Philippi (1853), J. C. Chenu (1859), Wilh. Keferstein (1862—1866) und P. Fischer (1889).

Die paläontologische Literatur über fossile Mollusken ist außerordentlich umfangreich und sehr zerstreut. Sie findet sich zum erheblichen Theil in Faunenbeschreibungen verschiedener Formationen, häufig verbunden mit Beschreibungen von Ueberresten aus anderen Abtheilungen des Thier- oder Pflanzenreichs. Aus der großen Menge von urweltlichen faunistischen Darstellungen, worin die fossilen Mollusken besondere Berücksichtigung finden, mögen nur einige der wichtigeren hervorgehoben werden. Mit paläozoischen und zwar vorwiegend mit

cambrischen und silurischen Mollusken beschäftigen sich Monographieen von Phillips, Mac Coy, Salter, J. Hall, Billings, Meek, Worthen, Whitfield, Barrande, mit devonischen d'Archiac, Verneuil, Ferd. und Fr. Ad. Roemer, Fr. und G. Sandberger, J. Hall, Frech, Kayser, Tschernitschew, Beushausen, mit carbonischen und permischen Phillips, de Koninck, Mac Coy, Trautschold, Waagen, King, Geinitz, Abich, Gemmellaro, mit triasischen Münster, Alberti, v. Seebach, Dittmar, Laube, Bittner, v. Wöhrmann, mit jurassischen d'Orbigny, Klipstein, Quenstedt, Morris, Lycett, Loriol, Dumortier, v. Seebach, Zittel, Böhm u. A., mit cretaceischen d'Orbigny, E. A. Reuß, Geinitz, Pictet, Renevier, Stoliczka, Schlüter, Holzapfel, Binkhorst, Jos. Müller, White, mit tertiären Grateloup, Basterot, Philippi, Deshayes, Eichwald, Dubois, Fr. Sandberger, E. Beyrich, Giebel, v. Koenen, Speyer, S. Wood, Edwards, M. und R. Hoernes, Fontannes, Coßmann, Bellardi, Sacco, Conrad, Morton, White.

Für die Ausbildung der Systematik sind unter den genannten Werken besonders die von Deshayes, d'Orbigny, Pictet und Stoliczka belangvoll. Eine Specialmonographie der Land- und Süßwasser-Conchylien von Fr. Sandberger gewährt einen lehrreichen Einblick in deren Entwickelungsgeschichte im Verlauf der geologischen Perioden.

Auch einzelne Classen, Ordnungen oder Familien haben vielfach specielle Bearbeiter gefunden. So verdienen H. Coquand's Monographie der Austern der Kreideformation (1869), die Abhandlungen von Desmoulins, d'Orbigny, S. P. Woodward, Bayle, Gemmellaro, de Stefano, Munier-Chalmas, Douvillé und White über Rudisten besondere Erwähnung. Von Neumayr wurde (1891) eine auf die Beschaffenheit des Schlosses basierte Classification der Lamellibranchiaten vorgeschlagen, Jackson und Fel. Bernard haben in geistvoller Weise die Entwickelungsgeschichte von Schale und Schloß für die Systematik nutzbar zu machen versucht.

Mit **Gastropoden** beschäftigten sich Specialabhandlungen von Billings, Lindström, Koken, Kittl, Huddlestone, Zittel, E. Beyrich, Rud. Hoernes, Cossmann &c., mit **Pteropoden** solche von Walcott, Novak und Holm u. A.

Fast unübersehbar ist die Literatur über fossile **Cephalopoden**. Schon 1798 hatte Cuvier alle Tintenfische, sowie Nautilus mit Einschluß der Foraminiferen unter der Bezeichnung Cephalopoden zusammengefaßt und den übrigen Molluskenclassen gegenüber gestellt. R. Owen ergänzte 1832 die anatomischen Untersuchungen von Cuvier und della Chiaje durch eine meisterhafte Beschreibung des Nautilusthieres und unterschied nach der Zahl der Kiemen bei den Cephalopoden die zwei Ordnungen Dibranchiaten und Tetrabranchiaten. Zu den letzteren zählte er außer Nautilus und dessen fossilen Verwandten auch das Heer der Ammonshörner, von denen man damals bereits eine stattliche Anzahl kannte. Lamarck hatte schon 1801 die Gattungen Nautilus, Orbulites, Ammonites, Planulites und Baculites unterschieden und als Hauptmerkmal zwischen Nautilus und Ammonites die blattartig gelappte Suturlinie der Scheidewände hervorgehoben. Denys de Montfort (1808), Sowerby und Parkinson fügten den genannten Gattungen einige weitere, zum Theil recht mangelhaft begründete Genera bei und de Haan versuchte sie (1825) in drei Familien (Ammonitea, Goniatitea und Nautilea) zu vertheilen. Bahnbrechend wurden die Untersuchungen von Leop. v. Buch (1829 und 1839). Nach der Lage des Siphos unterschied v. Buch die zwei Hauptgruppen Nautilidae und Ammonitidae und theilte die letzteren wieder nach der Beschaffenheit der Suturlinie in die drei Sectionen Goniatites, Ceratites und Ammonites ein. Für die verschiedenen Theile der in Loben und Sättel zerlegten Sutur schuf v. Buch eine präcise Nomenclatur. Bei den Ammoniten wurden theils nach der Gestalt und Verzierung der Schale, theils nach der Suturlinie 14 „Familien" unterschieden, welche jedoch abweichend von der üblichen zoologischen Terminologie durch Adjectiva bezeichnet wurden. Den spiral eingerollten Formen stellte v. Buch die stabförmigen Baculiten und die hakenförmigen Hamiten gegenüber. Auf die geologische, mit der fortschreitenden Complication der Suturlinie parallel laufende Aufeinanderfolge der paläozoischen Goniatiten, der triasischen Ceratiten und der vermeintlich auf Jura und Kreide beschränkten Ammoniten hatte bereits v. Buch nachdrücklich hingewiesen und bis zu einem gewissen Grad auch das geologische Alter als ein werthvolles Merkmal zur Unterscheidung seiner drei Gattungen verwerthet.

Die drei Sectionen Goniatites, Ceratites und Ammonites wurden von den Nachfolgern Leop. v. Buch's im Sinne von zoolo-

gischen Gattungen aufgefaßt, doch zeigte sich bald durch die Entdeckung der St. Cassianer Fauna, daß die Trennung der drei Gruppen keineswegs die angenommene Schärfe besitze. Durch Beyrich, Phillips (1836 und 1841), Graf zu Münster, G. Sandberger, C. W. Gümbel wurde die Kenntniß der Goniatiten, durch Graf zu Münster, v. Klipstein und v. Hauer die der triasischen, durch d'Orbigny, Reynès, Simpson, Sharpe, Quenstedt, v. Hauer, Pictet, Oppel u. A. jene der jurassischen und cretaceischen Ammoniten, durch Barrande, J. Hall, Boll, de Koninck, Lindström, Hyatt, Clarke, Holm, Foord die der paläozoischen Nautiliden wesentlich gefördert. Die Zahl der bekannten Ammoniten-Arten vermehrte sich von Jahr zu Jahr derartig, daß sich nicht nur für die aufgerollten oder irregulären Nebenformen die Aufstellung neuer Gattungen als Nothwendigkeit ergab, sondern daß sich auch das Bedürfniß nach einer weiteren Gliederung der eigentlichen Ammonitea in Gattungen und Familien fühlbar machte. Durch Barrande, J. Hall u. A. war eine solche Vermehrung der Genera bei den Nautiliden längst erfolgt. Für die Ammoniten that E. Sueß im Jahre 1865 den entscheidenden Schritt. In einer kurzen Abhandlung über die Organisation der Ammoniten wandelte Sueß die bisher gebräuchliche Adjectivbezeichnung einzelner Gruppen in Gattungsnamen (Phylloceras, Lytoceras, Arcestes) um und machte darauf aufmerksam, daß neben der Suturlinie, äußeren Form und Verzierung der Schalen auch andere Merkmale, wie Beschaffenheit des Mundsaums und Länge der Wohnkammer systematisch verwerthbar seien. Eine ähnliche Reform bezweckte eine Abhandlung von Alpheus Hyatt über Lias-Ammoniten (1869). Auch hier wurden die bisher üblichen Familienbezeichnungen aufgegeben und eine große Menge neuer Gattungen aufgestellt, deren enge Umgrenzung anfänglich vielfachen Widerspruch hervorrief. Dem von Sueß und Hyatt eingeschlagenen Weg folgten zuerst Laube, Zittel, v. Mojsisovics, Waagen, Neumayr, und bald fast alle anderen Ammonitenforscher wie Meneghini, Wright, Crick, Dumortier, Uhlig, Wähner, Holzapfel, Fontannes, Haug, Douvillé, Grossouvre, Gemmellaro, Canavari, Fucini, Parona, Pavlow, Nikitin, Michalski, Karpinsky, Retowsky, v. Koenen, Pompeckj, Kilian, Teyssiere, Siemiradzki, Parona, Kossmat, v. Arthaber, Diener, Steuer und viele Andere. Waagen zerlegte (1871) nach dem Vorhandensein

oder Fehlen und nach der Beschaffenheit von Aptychen und Anaptychen die damals bekannten Ammoniten-Gattungen in acht Gruppen, und M. Neumayr machte (1875) den Versuch, die Ammoniten in eine Anzahl Familien und Gattungen einzutheilen. Dabei stellte sich freilich die große Schwierigkeit einer präcisen Definition und Abgrenzung der einzelnen Formengruppen heraus. Alles erschien durch Uebergänge mit einander verbunden. Neumayr verwerthete darum in seiner Classification das genealogische Princip in erster Linie, indem er die nach seiner Meinung nächst verwandten und direct von einander abstammenden Formen zu engeren oder weiteren Gruppen zusammenfaßte. Schon Waagen hatte (1869) die genealogische Formenreihe des Ammonites subradiatus durch mehrere Stufen verfolgt und für die kleinen zeitlich getrennten und durch geringe Abweichungen geschiedene Modificationen die Bezeichnung „Mutation“ vorgeschlagen. Durch die starke Betonung des genetischen Momentes bei den Ammoniten war ein stark speculativer und willkürlicher Zug in die Ammonitensystematik eingedrungen, aber dadurch auch der Ansporn zu eingehenderen Untersuchungen über die Entwickelung der Gehäuse und zu Vergleichen von Ontogenie und Phylogenie dieser Organismen gegeben. Schon im Jahre 1872 hatte A. Hyatt durch Untersuchung der Anfangskammern und der innersten Windungen die „Embryologie“ der Ammoniten zu ermitteln gesucht und den bereits durch Barrande und Saemann beobachteten durchgreifenden Unterschied zwischen Embryonalentwickelung von Nautiliden und Ammonitiden bestätigt. Leop. Würtenberger betonte (1880) die Uebereinstimmung von Ontogenie und Phylogenie in der Schalenentwickelung der Ammonitiden. Munier-Chalmas fand (1873) eine auffallende Aehnlichkeit der Embryonalkammern gewisser Ammoniten mit Spirula und sprach sich darum für eine nahe Verwandtschaft der ersteren mit den Dibranchiaten aus. Zu ähnlichem Ergebniß waren schon früher Gray, Sueß und bis zu einem gewissen Grad auch Quenstedt, allerdings auf Grund anderer Erwägungen gelangt, und G. Steinmann erklärte (1890) die Gattung Argonauta geradezu als den directen Abkömmling der Ammoniten. In umfassender und meisterhafter Weise wurde die Entwickelung der gekammerten Cephalopodengehäuse von W. Branco (1881) studiert, und die Beschaffenheit der Embryonalkammer als Grundlage für die Hauptgruppen der Ammonitiden verwerthet. Nachdem durch Sueß und namentlich durch Hyatt die

Schleußen für die Schöpfung neuer Gattungsnamen geöffnet waren, trat sowohl bei den Nautiliden als auch bei den Ammonitiden eine wahre Ueberschwemmung von meist außerordentlich enggefaßten Gattungs- und Species-Namen ein, so daß die Zahl der letzteren in kurzer Zeit auf mehrere Tausend anschwoll. Gleichzeitig wurden mit wahrem Feuereifer Stammbäume construiert, die einer steten Umgestaltung und „Verbesserung" unterliegen. Die Führer dieser auf weiteste Zersplitterung der Gattungen und Arten gerichteten Schule sind Alph. Hyatt, v. Mojsisovics und Buckmann. Zu vielfachen Erörterungen gaben die Aptychen und Anaptychen Veranlassung. Von manchen Autoren, wie Scheuchzer, Walch, d'Orbigny und Pictet für Cirrhipedenschalen, von Parkinson und Schlotheim für Muscheln, von Deluc und Bourdet für Fischkiefer, von H. v. Meyer für Parasiten von Ammoniten gehalten, wurden sie später ziemlich allgemein als Theile von Cephalopoden anerkannt, aber bald für innere Schalen von Dibranchiaten oder Ammoniten, bald für Deckel der letzteren gehalten. Die letztere, von Rüppel zuerst vertretene Ansicht hat sich durch neuere Funde durchaus bestätigt.

Unter den Dibranchiaten haben die Belemniten und deren Verwandte eine ziemlich reiche paläontologische Literatur hervorgerufen. Seit Jahrhunderten unter der Bezeichnung Belemniten, Donnerkeile, Teufelsfinger, Lyncurium, Luchssteine, Schoßsteine u. s. w. bekannt und seit Agricola vielfach beschrieben und abgebildet, jedoch bald als Mineralbildungen, bald als Seeigelstacheln oder sonstige Organismen gedeutet, wurden sie zuerst von Ehrhardt mit den Schalen von Nautilus und Spirula, von Deluc mit den innern Schalen von Sepien verglichen. Eine gründliche Dissertation über Belemniten findet sich in dem großen Knorr- und Walch'schen Werk, zahlreiche Abbildungen von Arten in einer Schrift von Faure-Biguet (1810). Die erste eingehendere, den neueren Anschauungen Rechnung tragende Abhandlung veröffentlichte J. S. Miller (1826) in den Schriften der Londoner geologischen Gesellschaft. Dieser folgten rasch hintereinander zwei ausgezeichnete Monographieen von Ducrotay de Blainville (1827) und L. Ph. Voltz (1830). Die erstere enthält eine erschöpfende historische Einleitung und die genaue Beschreibung zahlreicher Arten, die letztere verbreitet über die Organisation der Belemniten helles Licht. Durch Graf Münster (1830), Zieten, Duval-Jouve (1841), Quenstedt, d'Orbigny u. A. wurde die Kenntniß der

Arten wesentlich vermehrt und auch die verschiedenen Sectionen innerhalb der Gattung Belemniten schärfer präcisiert. Schon Denys de Montfort hatte (1808) die Belemniten in eine Anzahl höchst mangelhaft charakterisierter Genera zerlegt. In neuerer Zeit wurde von Bayle (1878) und K. Mayer (1883) dieser Versuch wiederholt und eine Reihe neuer Gattungsnamen begründet. Wichtige Beiträge über die Organisation der Belemnitenthiere und Schalen verdankt man R. Owen (1844), Mantell (1848 und 1850) und namentlich Th. Huxley (1864). Eine ausgezeichnete Monographie der britischen Belemnitiden von J. Phillips (1865—1870) findet sich in den Schriften der Londoner Paläontographischen Gesellschaft. Auch über sonstige fossile Dibranchiatenreste, namentlich über fossile Sepien, existieren zahlreiche Abhandlungen von Buckland, Graf Münster, Voltz, d'Orbigny, A. Wagner, Quenstedt u. A.

Arthropoden. In diesem formenreichen Thierstamm nehmen an paläontologischer und geologischer Wichtigkeit die **Crustaceen** die erste Stelle ein. Schon im Jahre 1822 verfaßten Alex. Brongniart und A. G. Desmarest eine für die damalige Zeit hervorragende Naturgeschichte der fossilen Kruster, worin diese Ueberreste nach ihrer zoologischen und geologischen Bedeutung beleuchtet werden. Kataloge der fossilen Crustaceen wurden später von H. Woodward und Salter (1865 und 1877) veröffentlicht und die ganze Classe in dem großen Bronn'schen Sammelwerk (Classen und Ordnungen des Thierreichs Bd. V) durch A. Gerstaecker (1866—1884) in sehr sachkundiger und kritischer Weise, allerdings vorwiegend vom zoologischen Standpunkt aus, behandelt.

Unter den einzelnen Ordnungen haben die Trilobiten das Interesse der Paläontologen von jeher am meisten in Anspruch genommen. Sie erscheinen bereits in der älteren Literatur vielfach unter der Bezeichnung Trinuclei (Lhwyd) und Entomolithen (Linné), bis die von Walch 1771 vorgeschlagene Bezeichnung Trilobiten allgemein Eingang fand. Abgesehen von Al. Brongniart und Desmarest rühren die ersten größeren Abhandlungen über Trilobiten von dem Schweden J. W. Dalman (1826), von dem Amerikaner J. Green (1832), von den Deutschen Quenstedt (1837), H. Fr. Emmrich, Goldfuß (1843), Burmeister (1843) und E. Beyrich, von den Engländern Portlock (1843), Salter, Phillips und Mac Coy und dem Franzosen M. Rouault (1847) her. Dalman und Burmeister schufen zuerst

eine präcise Terminologie für die einzelnen Körpertheile, die später von Beyrich, Salter und namentlich von Barrande weiter ausgebildet wurde. Für die Systematik verwertheten Dalman und Goldfuß besonders die Anwesenheit oder das Fehlen von Augen, Quenstedt die Zahl der Rumpfsegmente, Burmeister das Einrollungsvermögen, die Beschaffenheit der Pleuren und die allgemeine Körpergestalt; Emmrich wies auf die systematische Wichtigkeit der Gesichtsnaht hin. Einen wesentlichen Fortschritt in der Kenntniß der Trilobiten bezeichnet das Erscheinen der prächtigen Monographie böhmischer Trilobiten von J. Barrande (1852 und Supplement 1874), worin Alles, was man bis dahin über diese fossilen Crustaceen wußte, in seltener Vollständigkeit zusammengefaßt ist. Die feinen Beobachtungen von Barrande über den Bau der Rückenschalen, über die Zusammensetzung der Augen, über die Entwickelungsgeschichte einer Anzahl von Gattungen, werden für alle Zeiten maßgebend bleiben, dagegen hat sein auf die Beschaffenheit der Pleuren basiertes System wenig Anklang gefunden. Von Wichtigkeit sind die Monographieen von N. P. Angelin (1853—1854) über schwedische, von J. Hall (1847—1852) und Billings (1861—1865) über amerikanische, von Nieszkowski (1857) und E. Hoffmann (1858) über russische Trilobiten.

Ueber die verwandtschaftlichen Beziehungen der Trilobiten zu den lebenden Crustaceen konnte so lange keine Einigkeit erzielt werden, als über die Beschaffenheit der Extremitäten nichts Sicheres bekannt war. Von zoologischer Seite war von jeher die Aehnlichkeit mit den Asseln (Isopoden) betont worden, aber Burmeister*) hob die durchgreifenden Unterschiede zwischen den beiden Ordnungen hervor und schloß unter der Annahme, daß die Füße bei den Trilobiten weiche häutige Beschaffenheit gehabt hätten, die letzteren an die Phyllopoden der Jetztzeit an, indem er zugleich auf mancherlei Beziehungen zu den Xiphosuren hinwies. Gerstaecker stellte die Trilobiten (1879) als

*) Burmeister Hermann Carl, geboren 1807 zu Stralsund, studierte in Greifswald und Halle Medicin und Naturwissenschaften, begann seine Laufbahn als Gymnasiallehrer und Privatdocent in Berlin, wurde 1837 außerordentlicher und 1842 ordentlicher Professor der Zoologie in Halle, unternahm 1850 und 1856 mehrjährige Reisen nach Brasilien, Argentinien und Chile und wurde 1861 als Director des von ihm errichteten naturhistorischen Museums nach Buenos-Aires berufen; starb daselbst 1892.

selbständige Ordnung zu den Entomostraca, während Ed. van Beneden, Dohrn, Haeckel, Walcott u. A. mehr den Homologien zwischen Xiphosuren Rechnung trugen und die Trilobiten den letzteren systematisch näherten. Die Entdeckung fester, gegliederter Spaltfüße auf der Unterseite der Trilobitenschalen durch Billings (1870) und Walcott (1879), welche später durch den Nachweis von Antennen, sowie speciellere Beschreibung der Kiefer und Füße unter dem Kopf, Rumpf und Schwanzschild durch Matthew (1893), Beecher (1894) und Walcott (1894) vervollständigt wurde, klärte die Ansichten über die zoologische Stellung der Trilobiten und rechtfertigte in vieler Hinsicht die weitblickenden Anschauungen Burmeister's. Unter den zahlreichen neuesten systematischen Arbeiten verdienen die Monographie der britischen Trilobiten von Salter und H. Woodward, die Revision der ostbaltischen Trilobiten von Fr. Schmidt, die Arbeiten von Nowák über böhmische, von W. C. Broegger über norwegische, von Linnarsson und G. Holm über schwedische Trilobiten besondere Erwähnung.

Für die Kenntniß der fossilen **Cirripeden** hat Ch. Darwin (1851—1854) eine wissenschaftliche Grundlage geschaffen, auf welcher sich alle späteren paläontologischen Publicationen von Bosquet, E. A. Reuß, Seguenza u. A. stützen.

Eine reiche Literatur beschäftigt sich mit den fossilen **Ostracoden**. Sie ist rein descriptiver Natur und hat ein überwiegend stratigraphisches Interesse. Die thätigsten Autoren auf diesem Gebiet waren und sind Barrande, Bosquet, Egger, Gümbel, Rup. Jones, Kirkby, de Koninck, E. A. Reuß, Marsson, Lienenklaus, O. Speyer, E. O. Ulrich. Ueber fossile **Phyllopoden** schrieben besonders Rup. Jones, E. Weiß, H. Woodward.

Ein hervorragendes paläontologisches Interesse beanspruchen auch die jetzt unter der Bezeichnung Merostomata zusammengefaßten, größtentheils in paläozoischen Ablagerungen verbreiteten Crustaceen. Um ihre Kenntniß hat sich in erster Linie H. Woodward durch eine in der paläontographischen Gesellschaft zwischen 1866—1878 erschienene Monographie Verdienste erworben. Ueber die paläozoischen Eurypteriden, für welche Haeckel später die Bezeichnung Gigantostraca vorschlug, erhielt man durch Dekay, Harlan (1825) und Scouler (1831) die ersten Nachrichten. Ihre systematische Verwandtschaft mit dem lebenden Limulus wurde jedoch erst durch

F. Roemer (1848) und Mac Coy (1849) richtig erkannt und ihre Organisationsverhältnisse durch die schönen Untersuchungen von Th. Huxley, Salter, J. Hall, H. Woodward, Fr. Schmidt und G. Holm bis in die feinsten Details ermittelt. Auf fossile Limuliden lenkten bereits v. d. Hoeven (1838) und Graf zu Münster (1840) die Aufmerksamkeit; ihre paläozoischen Vorläufer (die Hemiaspiden) sind besonders durch Nieszkowski, Fr. Schmidt und H. Woodward bekannt geworden.

Mit den fossilen, lange verkannten und meist für Phyllopoden-Schalen gehaltenen **Phyllocariden** haben sich J. Hall, Salter, M'Coy, H. Woodward, Packard, Beecher und Whitfield beschäftigt. Fossile **Isopoden** wurden von H. v. Meyer, H. Milne-Edwards, H. Woodward, Kunth, v. Ammon, **Amphipoden** von Burmeister, Jordan, H. v. Meyer, Meek und Worthen, **Stomatopoden** von Graf Münster, Kunth, Schlüter u. A. beschrieben. Ueber fossile **Decapoden** endlich liegen mehr oder weniger umfangreiche Monographieen von Graf Münster, H. v. Meyer und Oppel, E. A. Reuß, Salter, Schlüter, Alph. Milne-Edwards, Carter, Fischer-Benzon, Al. Bittner, Lörenthey u. A. vor.

Die Literatur über fossile luftathmende Arthropoden ist wie die über Crustaceen in neuerer Zeit aus den Händen der Geologen mehr und mehr in die der Zoologen übergegangen und hat dadurch auch einen stets wachsenden inneren Werth erlangt. Myriopodenreste wurden zuerst im Bernstein und Süßwassergyps von Aix und 1845 auch von Westwood in der englischen Steinkohlenformation entdeckt; aber erst 1854 erschien die wichtige Monographie der im Bernstein befindlichen Crustaceen, Myriopoden, Arachniden und Apteriden von C. L. Koch und J. C. Berendt, denen bald die Arbeiten von W. Dawson (1859), H. Woodward (1871), Peach und namentlich von S. H. Scudder (seit 1873) über paläozoische Tausendfüßler folgten. Für fossile **Scorpione** sind die Abhandlungen von A. Fritsch, Peach, Thorell, Whitfield und Scudder, für **Spinnen** jene von Koch, Berendt und Menge, Scudder, O. Heer, F. Roemer und Karsch maßgebend.

Aus der reichen paläontologischen Literatur über **Insekten** kann hier nur das Wichtigste erwähnt werden. Ueber die in der Steinkohlenformation vorkommenden Insektenreste gab eine stattliche Monographie von E. F. Germar (1844—1853), welcher Funde aus der

Gegend von Halle zu Grunde lagen, die ersten Aufschlüsse. Goldenberg suchte dieselbe durch Entdeckungen aus dem Saargebiet zu ergänzen, und 1864 machte J. D. Dana auf carbonische Insekten aus Illinois aufmerksam, die später (seit 1866) von S. Scudder eingehend beschrieben wurden. Die großartigste Vermehrung unserer Kenntniß paläozoischer Insekten bietet die prachtvoll ausgestattete Monographie von Ch. Brongniart über die in der Steinkohlenformation von Commentry aufgefundenen, zum Theil gigantisch großen und höchst merkwürdigen Formen. Die zahlreichen im lithographischen Schiefer des fränkischen Jura vorkommenden Insekten wurden von Graf Münster, Germar, Hagen, Weyenbergh, Oppenheim und Fern. Meunier beschrieben; über die britischen, mesozoischen Insekten gewähren Brodie und Westwood, über die aus dem Lias von Schambelen O. Heer, über mecklenburgische Liasformen E. Geinitz Aufschluß. An der wissenschaftlichen Erforschung der tertiären Insektenfauna betheiligten sich vorzugsweise Germar, Marcel de Serres, Hope, C. G. Giebel, J. C. Berendt, Menge, Loew, Pictet, Osw. Heer, C. v. Heyden, Massalongo, Scudder, Oustalet, Flach, Förster, G. L. Mayr, Emery.

Wirbelthiere. Wohl die glänzendsten Erfolge erzielte die Paläontologie auf dem Gebiete der Wirbelthiere. Hier hatte Cuvier im Anfang dieses Jahrhunderts eine bewunderungswürdige Grundlage geschaffen, welche das Eingreifen von unberufener Seite fast unmöglich machte. Ist somit auch die Zahl der mit dem Studium fossiler Vertebraten beschäftigten Autoren geringer als in anderen Abtheilungen des Thierreichs, so steht dafür die durchschnittliche Qualität der Arbeiten auf einer verhältnißmäßig hohen Stufe. Generelle Darstellungen der fossilen Wirbelthiere finden sich in Owen's Paläontologie (1860), in P. Gervais' Zoologie et Paléontologie Française (1848 bis 1852), in Alb. Gaudry's Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques (1878—1896), in Zittel's Handbuch der Paläontologie (Bd. III u. IV, 1887—1893), in Lydekker-Nicholson's Manuel of Palaeontology (vol. II, 1889) und in Smith-Woodward's Outlines of Vertebrate Palaeontology (1898). Eine sehr wesentliche Förderung erhielt das Studium der fossilen Vertebraten durch R. Owen's Odontographie (1840—1845), worin die Morphologie und Histologie der Zähne in den verschiedenen Classen, Ordnungen und Familien der Wirbelthiere in bewunderungs-

würdiger Weise geschildert sind. Ein ähnliches Werk von C. G. Giebel (1855) erreicht in Bezug auf Abbildungen und originelle Beobachtungen bei weitem nicht das englische Vorbild.

Die Systematik der **Fische** wurde durch Bloch, Lacépède, Cuvier und Valenciennes ausschließlich auf lebende Formen basiert. Was von fossilen Fischresten bekannt war, wurde, so gut es eben der betreffende Autor verstand, meist nach äußerlichen Merkmalen zwischen die lebenden Gattungen eingeschaltet. Eine wissenschaftliche Grundlage erhielt die Paläontologie der Fische erst durch die epochemachenden Untersuchungen von L. Agassiz (1833—1843). In Begleitung von tüchtigen Zeichnern bereiste Agassiz alle größeren Museen und Privatsammlungen Europas, untersuchte die darin aufbewahrten fossilen Fische und veröffentlichte in einer fünf Bände starken, prächtig illustrierten Monographie die Früchte seiner zehnjährigen Arbeit. Ausgehend von anatomischen Studien an lebenden Fischen, bei welchen er sich der Unterstützung C. Vogt's erfreute, verwerthete er die an recenten Skeleten gewonnenen Ergebnisse zur richtigen Deutung der fossilen Ueberreste. Und nicht nur für die Kenntniß der fossilen Fische haben die Arbeiten von Agassiz unvergänglichen Werth, auch in der Systematik haben sie eine durchgreifende Reform veranlaßt. Zwar hat sich die einseitig auf das Hautskelet begründete Eintheilung der Fische in Placoidei, Ganoidei, Cycloidei und Ctenoidei später als künstlich und unhaltbar erwiesen, aber immerhin hat Agassiz durch die Aufstellung der Ganoiden eine in systematischer, entwickelungsgeschichtlicher und geologischer Hinsicht ungemein wichtige und bis dahin wenig beachtete große Abtheilung der Fische in die richtige Beleuchtung gerückt. Agassiz hat zuerst auf die Uebereinstimmung zwischen der zeitlichen Aufeinanderfolge und der embryologischen Entwickelung bei den Fischen hingewiesen und damit die Aufstellung des sogenannten biogenetischen Grundgesetzes von Haeckel vorbereitet. Wurde das Agassiz'sche System auch durch die bahnbrechenden Arbeiten von Joh. Müller (1844) wesentlich umgestaltet, so wird der Name Agassiz in der ichthyologischen Literatur doch stets in vorderster Reihe stehen. Eine Specialmonographie über die merkwürdigen Fische des alten rothen Sandsteins vervollständigte in vieler Hinsicht das große Fundamentalwerk des Neuchateler Forschers. Auf der von Agassiz und Jos. Müller geschaffenen systematischen Basis fußen eine Anzahl Specialarbeiten von Ph. Grey Egerton,

Graf zu Münster, Andr. Wagner*), Costa, Thiollière, Pictet, von der Marck, Heckel, Kner, Zigno, Steindachner, H. v. Meyer, Troschel u. A. Durch ungewöhnlichen Scharfsinn der Beobachtung und wundervolle Darstellung der mikroskopischen Strukturverhältnisse von Zähnen und Hautgebilden zeichnen sich die schönen Monographieen von Ch. H. Pander über fossile Fische aus silurischen und devonischen Ablagerungen Rußlands (1856 und 1858) aus. Die Abgrenzung der Ganoiden von den eigentlichen Knochenfischen bot von jeher Schwierigkeiten, die Agassiz mittels der Merkmale des Hautskeletes nicht zu heben vermochte. Joh. Müller und C. Vogt verstärkten die Definition der Ganoiden durch anatomische Merkmale, dagegen brachte sie Lütken wieder in engeren Anschluß an gewisse Knochenfische. Thiollière, Kner und neuerdings Cope erscheinen die Beziehungen von Ganoiden und Teleostiern so innig, daß von ihnen die ersteren wieder als selbständige Unterclasse aufgehoben und mit den Knochenfischen vereinigt wurden. Hohes Interesse beansprucht eine Abhandlung von Th. Huxley über paläozoische Ganoiden, worin zuerst die eigenthümliche Ordnung der Crossopterygier aufgestellt und auf deren Beziehungen zu den Dipnoern hingewiesen wird. In neuerer Zeit haben sich außer Huxley mit paläozoischen Fischen besonders R. Traquair, Ray Lankaster, Powrie, de Koninck, v. Koenen, Trautschold, Newberry, Worthen, Rohon, Whiteaves, Jaekel, Eastman, mit jurassischen Quenstedt, J. C. Winkler, Vetter, Lydekker, A. Smith-Woodward, mit cretaceischen und tertiären Cocchi, Sauvage, Bassani, Steindachner, Laube, Kramberger, Probst, J. W. Davis, T. E. Newton, Wettstein, Leidy, Cope u. A. beschäftigt. Für die Ausbildung der Systematik der Selachier sind die wichtigen und umfangreichen Untersuchungen von Hasse über den Bau und die Entwickelung der Wirbelsäule von Bedeutung; auch O. Jaekel's Monographie der Selachier des Monte Bolca, sowie eine Reihe Specialabhandlungen von O. Reis über Coelacanthiden, Acanthodiden und andere fossile Gruppen verdienen rühmliche Erwähnung. Der beste Kenner fossiler Fische ist gegenwärtig wohl A. Smith-Woodward, dessen noch unvollendeter Katalog der fossilen Fische im Britischen Museum

*) Wagner Andreas, geboren 1797 in Nürnberg, habilitierte sich in Erlangen, wurde 1832 Professor der Zoologie und Paläontologie und Conservator des paläontologischen Museums in München; starb 1861 in München.

(vol. I—III, 1889—1895) seiner Zeit eine vollständige und kritische Uebersicht aller fossiler Fische gewähren dürfte.

Amphibien. Schon durch Al. Brongniart (1805) und Blainville wurden die tiefgreifenden Verschiedenheiten zwischen Amphibien und Reptilien in anatomischer und entwickelungsgeschichtlicher Hinsicht betont; aber erst Merrem zog (1820) daraus die Consequenz, indem er beide als gleichwerthige Gruppen einander gegenüberstellte. Fossile Amphibien kannte man im vorigen Jahrhundert aus dem Tertiärmergel von Oeningen. Im Jahr 1828 wurden durch G. Jaeger Zähne und ein Hinterhaupt eines gewaltigen Salamandriden aus dem triasischen Alaunschiefer von Gaildorf beschrieben und diesen ersten mesozoischen Funden folgten andere aus dem Buntsandstein von Sulzbach und dem Keuper bei Bayreuth (1836). Im Jahre 1841 veröffentlichte R. Owen zwei Abhandlungen über Zähne mit labyrinthischer Struktur und über verschiedene Skeletreste aus dem Keuper von Warwick, die er unter dem Namen Labyrinthodon zusammenfaßte und riesigen ungeschwänzten Batrachiern zuschrieb. H. v. Meyer's und Plieninger's Monographie der fossilen Labyrinthodonten Württembergs (1844) gewährt über den Bau des Schädels, die Bezahnung und den Skeletbau dieser Thiere wichtige Aufschlüsse. Nach eingehender Vergleichung der Labyrinthodonten mit Reptilien, Amphibien und Fischen kommt H. v. Meyer*) zu dem Ergebniß, dieselben gehörten, trotz großer Uebereinstimmung mit den Amphibien, dennoch zu den Reptilien. Auf demselben Standpunkt verharrt H. v. Meyer (1847) in seiner großen Monographie der Saurier des Muschelkalks, Buntsandsteins und Keupers. Auch in den bei Lebach und im Saarbecken vorkommenden Skeletabdrücken von Vierfüßlern, welche Agassiz für Fischreste, Goldfuß (1847) unter dem Namen Archegosaurus für Uebergangsformen von Krokodil und Batrachiern gehalten hatte, erkannten H. v. Meyer (1851) und Burmeister (1850) Vertreter der Labyrinthodonten. Burmeister veröffentlichte (1848 und 1850) werthvolle Abhandlungen über die Labyrinthodonten aus dem bunten Sandstein von Bernburg und aus dem Steinkohlengebirge von Saarbrücken, worin er dieselben für Mischtypen von Reptilien und Amphibien erklärte. Mit denselben Formen beschäftigte sich zehn Jahre später

*) Meyer Hermann v., geboren 1801 in Frankfurt a. M., studierte in Heidelberg und München; wurde 1837 Controlleur und 1863 Cassier beim Deutschen Bundestag; starb am 2. April 1869.

auch H. v. Meyer, und zwar gehört seine prächtige Monographie der Reptilien aus der Steinkohlenformation in Deutschland zu den ausgezeichnetsten Arbeiten über paläozoische Vertebraten. Die Osteologie des Archegosaurus ist darin mit musterhafter Genauigkeit und Vollständigkeit geschildert und zum erstenmal auf die Zusammensetzung der aus mehreren Stücken bestehenden unvollkommen verknöcherten Wirbel hingewiesen. Auch Larven mit persistenten Kiemen werden von Meyer beschrieben, dennoch aber Archegosaurus wie die triasischen Labyrinthodonten zu den Reptilien gestellt. Die Entdeckung einiger neuer Formen in der Steinkohlenformation von Neu-Schottland und Ohio, sowie im Rothliegenden von Schlesien und des Ural veranlaßten R. Owen (1861) zur Aufstellung von zwei Ordnungen, wovon die Ganocephali die paläozoischen Formen mit unvollständig verknöcherter Wirbelsäule, persistenten Kiemen und knorpligem Hinterhaupt, die Labyrinthodonti die jüngeren Labyrinthodonten enthalten. W. Dawson fügte diesen zwei Gruppen (1863) noch eine dritte (Microsauri) vor, deren Ueberreste in der Steinkohlenformation von Neu-Schottland, Ohio und Illinois vorkommen. Einige vollständige Skelete von paläozoischen Amphibien aus Irland, sowie verschiedene Labyrinthodonten aus Australien, Südafrika und Indien wurden von Th. Huxley (1860—1867) beschrieben. Im Jahre 1869 faßte E. D. Cope alle bekannten paläozoischen und mesozoischen Amphibien unter der Bezeichnung Stegocephali zusammen und fügte den drei bereits bekannten Familien noch eine vierte (Xenorhachia) mit weicher Wirbelsäule hinzu. Auch Miall beschäftigte sich (1873 und 1874) mit der Systematik der Stegocephalen, ohne jedoch zu einem befriedigenden Ergebniß zu gelangen; dagegen wurden reiche Funde in der Gaskohle und im Rothliegenden von Böhmen und Mähren Veranlassung zu einer wichtigen Monographie von A. Fritsch, worin viele der bereits bekannten, sowie eine Anzahl neuer Gattungen in allen anatomischen Details geschildert sind. Wenige Jahre später (1881) entdeckte Herm. Credner im Rothliegenden von Niederhäßlich bei Dresden eine dolomitische Einlagerung mit zahlreichen, zum Theil wohlerhaltenen Ueberresten von Stegocephalen. Diese Funde bilden das Material einer Serie von Abhandlungen, die zwischen 1881 und 1893 in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft erschienen und sowohl die anatomische Kenntniß, als auch die Systematik der Stegocephalen bedeutend förderten. Auch Geinitz

und Deichmüller beschrieben eine Anzahl Reste aus Niederhäßlich (1882 und 1884) und W. Branco einen prächtigen Schädel von Sclerocephalus (Weissia) aus dem Rothliegenden von Kusel. Von Alb. Gaudry rühren Abhandlungen über die Stegocephalen aus dem Rothliegenden von Autun in Frankreich her. G. Baur und O. Jaekel beschäftigten sich in neuester Zeit mit der Anatomie und systematischen Stellung der Stegocephalen und namentlich des Archegosaurus. Während auf diese Weise in Europa die Zahl der paläozoischen Amphibien sich beträchtlich mehrte, lieferte auch Nordamerika aus dem Rothliegenden von Texas interessante und prächtig erhaltene neue Typen, die seit 1881 durch E. D. Cope in verschiedenen Abhandlungen bearbeitet wurden und Veranlassung zu einer neuen, hauptsächlich auf die Beschaffenheit der Wirbelsäule basierten Eintheilung der Stegocephalen boten. Die Cope'schen Ideen fanden später in Zittel's und H. Credner's Classificationen Verwerthung. In geringerem Maße als die paläozoischen Formen erfuhren die mesozoischen Bereicherung durch neue Funde. Eb. Fraas gab (1889) eine neue, auf das prächtige Material des Stuttgarter Museums gestützte Monographie der schwäbischen Triaslabyrinthodonten heraus und von R. Lydekker wurden verschiedene Reste aus Ostindien und Südafrika beschrieben. Die fossilen Urodelen aus dem Tertiär und der Kreide wurden von H. v. Meyer, Goldfuß, Lartet, Dollo u. A. bearbeitet; mit fossilen Anuren beschäftigten sich Cope, H. v. Meyer, Goldfuß, Filhol, Woltersdorff.

Reptilien. Schon im Jahre 1812 hatte Cuvier eine vortreffliche Darstellung aller bis zu jener Zeit bekannten fossilen Reptilien geliefert und namentlich die Osteologie der Ichthyosaurier, Plesiosaurier, Crocodiliden, Mosasauriden, Eidechsen, Schildkröten und Pterodactylen in musterhafter Weise klargelegt. Da überdies die Systematik der lebenden Formen frühzeitig zu einem gewissen Abschluß gelangt war, so konnten die fossilen Funde bald nach ihren Verwandtschaftsbeziehungen gruppiert werden. Im Jahr 1830 machte H. v. Meyer den ersten Versuch einer systematischen Classification der Reptilien mit Einschluß der fossilen Typen. Die letzteren wurden mit Ausnahme der Schildkröten und Schlangen alle bei den Sauriern untergebracht und diese wieder nach den Extremitäten in Dactylopoden, Nexipoden, Pachypoden, Pterodactyli und Labyrinthodonten eingetheilt. Diese, den Anforderungen der fortschreitenden Wissenschaft nicht lange

genügende Classification wurde durch R. Owen*) umgestaltet. Dieser große Anatom eröffnete seine mehr als ein halbes Jahrhundert fortgesetzten Publicationen über fossile Reptilien im Jahre 1839 und hat die morphologische und anatomische Kenntniß dieser Classe wie kein Anderer gefördert. R. Owen stellte den noch jetzt lebenden Ordnungen der Reptilien eine Anzahl fossiler als gleichwerthig gegenüber und mit einigen, später durch Th. Huxley, Cope, Marsh, G. Baur u. A. vorgenommenen Aenderungen hat sich die Owen'sche Eintheilung bis heute als durchaus zutreffend erwiesen. H. v. Meyer hat zwischen 1847 und 1860 in vier großen Monographieen die fossilen Saurier aus dem Kupferschiefer, der Trias, dem lithographischen Schiefer von Bayern und dem Tertiärmergel von Oeningen mit einer geradezu musterhaften Genauigkeit beschrieben und abgebildet und für die Kenntniß der in Deutschland vorkommenden Reptilien eine Grundlage von unvergänglichem Werth geschaffen. Zahlreiche andere Abhandlungen, von denen viele von eigenhändigen Zeichnungen des Verfassers begleitet sind, wurden größtentheils in der von Dunker und H. v. Meyer begründeten Palaeontographica veröffentlicht. Durch Rich. Owen sind in einer langen, reich illustrierten Serie von Monographieen, in der Palaeontographical Society alle in England vorkommenden fossilen Reptilien bearbeitet; außerdem haben die merkwürdigen Reptilienreste aus der Karrooformation in Südafrika die Aufmerksamkeit des britischen Anatomen und Paläontologen vielfach in Anspruch genommen. In ähnlicher Weise wie Cuvier, H. v Meyer und Owen haben sich J. Leidy, O. C. Marsh und E. D. Cope um die Kenntniß der fossilen Reptilien in Nordamerika verdient gemacht. Mit am frühesten wurde die Osteologie der Ichthyosaurier nach den prächtig erhaltenen Skeleten im englischen, deutschen und französischen Jura durch Conybeare, Hawkins, Buckland, R. Owen, G. Jaeger, Bronn, C. Theo-

*) Owen Richard Sir, geboren am 20. Juli 1804 in Lancaster, studierte in Edinburg und London Medicin und namentlich Chirurgie, wurde 1828 Assistent am College of Surgeons in London und 1834 Professor der vergleichenden Anatomie. Die geologische Gesellschaft verlieh dem 34jährigen Forscher 1838 die Wollaston-Medaille, und 1857 wurde er zum Präsidenten der britischen Naturforscher-Versammlung gewählt. Im Jahr 1856 vertauschte er seine Professur am College of Surgeons mit der Stelle eines Directors des britischen Museums und siedelte mit den naturwissenschaftlichen Sammlungen 1881 nach Süd-Kensington über. Starb am 18. December 1892.

dori, A. Wagner, Quenstedt, Eugen Deslongchamps und in neuerer Zeit durch Seeley, G. Baur, Eb. Fraas u. A. klargelegt. Die Plesiosaurier wurden vornehmlich von Conybeare, Hawkins, Owen, Lydekker, Sollas, Seeley, Kiprijanoff, Marsh, Cope, W. Dames, die Nothosauriden von H. v. Meyer, Cornalia, Curioni, Bassani, Deecke, O. Fraas, Seeley, G. Baur, Gürich, O. Boulanger bearbeitet. Ueber fossile Rhynchocephalen verdankt man H. v. Meyer, Th. Huxley, Seeley, G. Baur, H. Credner, Gervais, Cope, Lemoine, A. Wagner und Lortet wichtige Aufschlüsse. Ueber die genetischen Beziehungen der fossilen und lebenden Krokodilier gewährt eine classische Abhandlung von Th. Huxley (1875) Aufschluß; mit der Anatomie und geologischen Verbreitung derselben beschäftigten sich schon frühzeitig Blainville, Geoffroy-St.-Hilaire, Bronn und Kaup, d'Alton und Burmeister und Andr. Wagner, etwas später R. Owen und Eugen Deslongchamps. Die triasischen Parasuchia wurden von H. v. Meyer, Th. Huxley und E. Cope, die zierlichen Pseudosuchia durch O. Fraas und E. T. Newton (1894) genauer bekannt gemacht. Jurassische und cretaceische Krokodilier behandeln außer den bereits genannten Autoren Koken, Hulke, Dollo u. A., über tertiäre Formen schrieben H. v. Meyer, Th. Huxley, R. Ludwig, Lydekker, Vaillant, Toula u. A.

Von geringerer Bedeutung ist die paläontologische Literatur über fossile Eidechsen und Schlangen, dagegen haben die durch Cope zu einer selbständigen Ordnung erhobenen Mosasauriden oder Pythonomorphen, deren nahe Beziehungen zu den Eidechsen bereits von Cuvier richtig erkannt worden waren, Veranlassung zu wichtigen Arbeiten von Marsh, Cope, R. Owen, Dollo, Merriam, Williston und A. Gaudry geboten. Die schon im vorigen Jahrhundert bekannten, jedoch erst durch Cuvier zu den Reptilien gestellten Flugsaurier sind vielfach Gegenstand der paläontologischen Forschung geworden. Ganz besonders haben die wundervoll erhaltenen Skelete aus dem lithographischen Schiefer des fränkischen und schwäbischen Jura das Interesse auf sich gezogen und Abhandlungen von Graf zu Münster, Goldfuß, H. v. Meyer, A. Wagner, Quenstedt, O. Fraas, O. C. Marsh, Zittel, v. Ammon u. A. hervorgerufen. Mit den liasischen Pterodactylen beschäftigten sich Buckland, Theodori, R. Owen und Fel. Plieninger, mit den jurassischen und

cretaceischen R. Owen, Huxley, Seeley, Marsh, Williston, Newton.

Verhältnißmäßig spät wurden Ueberreste der theilweise gigantischen ausgestorbenen Dinosaurier entdeckt. Buckland machte (1824) unter der Bezeichnung Megalosaurus die ersten Reste dieser Ordnung bekannt. Schon im nächsten Jahr folgte die Entdeckung des Iguanodon und Hylaeosaurus in der Wealdenstufe von Sussex durch G. A. Mantell, und 1841 schlug R. Owen für die damals bekannten Reste den Ordnungsnamen Dinosauri vor. Weitere Funde aus Jura, Trias und Kreide von Europa und Nordamerika wurden von R. Owen, J. Phillips, A. Wagner, H. v. Meyer, Plieninger, Deslongchamps und Leidy beschrieben. Im Jahre 1866 zerlegte E. Cope die Dinosaurier in drei Unterordnungen (Orthopoda, Goniopoda und Symphypoda). In mehreren bahnbrechenden Abhandlungen über die Osteologie, Classification und Genealogie der Dinosaurier (1868 und 1869) wies Th. Huxley auf die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen von Dinosauriern und Vögeln hin und bezeichnete Compsognathus geradezu als ein Bindeglied zwischen den beiden Classen.

Im Jahre 1878 erhielt man zuerst Kenntniß von den großartigen Funden im amerikanischen Westen, welche O. C. Marsh 20 Jahre lang das Material zu einer großen Anzahl, meist prächtig ausgestatteter Abhandlungen boten und zu einer fundamentalen Reform der Dinosauriersystematik Veranlassung wurden. Die Schriften von O. C. Marsh über die fossilen Reptilien und namentlich Dinosaurier bezeichnen eine wichtige Epoche in der Entwickelung der Paläontologie der Wirbelthiere. Europa hatte den amerikanischen Funden in neuerer Zeit nur die Entdeckung der 23 wundervoll erhaltenen Skelete von Iguanodon bei Bernissart gegenüberzustellen, welche 1878 unter der Leitung von E. Dupont ausgegraben und von L. Dollo trefflich beschrieben wurden. Abgesehen von den bereits genannten Autoren haben sich um die Kenntniß der Dinosaurier besonders Hulke, Seeley, Lydekker und G. Baur Verdienste erworben.

Mit fossilen Schildkröten befaßten sich H. v. Meyer, R. Owen, L. Rütimeyer, Pictet und Humbert, A. Wagner, T. A. Winkler, Zittel, Peters, G. Maack, Portis, Lydekker und ganz besonders G. Baur, dessen beabsichtigte große Mongraphie der lebenden und fossilen Schildkröten leider durch frühzeitigen Tod vereitelt wurde.

Eine noch unvollständig bekannte und aus sehr heterogenen Elementen zusammengesetzte Reptilienordnung bilden die 1880 von E. Cope unter der Bezeichnung Theromorpha zusammengefaßten Formen. Die am frühesten bekannten, aber trotz der Abhandlungen von Graf zu Münster, Fr. Braun, H. v. Meyer und R. Owen noch recht räthselhaften Vertreter dieser Ordnung sind die Placodonten aus dem Muschelkalk, von denen bis jetzt lediglich Schädel, Kiefer und Zähne vorliegen. Im Jahre 1859 lenkte R. Owen die Aufmerksamkeit auf die merkwürdigen, von G. Bain bereits 1838 entdeckten Reptilienreste aus Südafrika, für welche er die Ordnung der Anomodontia errichtete. Später (1876) trennte R. Owen die mit zahlreichen, differenzierten Zähnen versehenen Theriodontia als eigene Ordnung von den Anomodontia und veröffentlichte (1876) über alle aus der Karrooformation in Südafrika stammenden Reptilien eine große Monographie, die später durch eine Reihe wichtiger Abhandlungen von H. G. Seeley ergänzt wurde. Höchst interessante Vertreter von Theromorphen aus permischen Ablagerungen von Texas wurden seit 1880 durch E. Cope beschrieben und in neuester Zeit hat E. T. Newton einige merkwürdige Gattungen von Anomodontiern aus der Trias von Elgin in Schottland bekannt gemacht.

Vögel. Eine Zusammenstellung der spärlichen, im Anfang dieses Jahrhunderts bekannten Vogelreste findet sich schon bei Cuvier. Später hat A. Milne-Edwards (1863) einen Ueberblick der geologischen Verbreitung der Vögel gegeben und durch eine große Monographie der fossilen Vögel Frankreichs (1867—1872) eine osteologische Grundlage für das Studium dieser Classe geliefert. Im Jahre 1860 wurde im lithographischen Schiefer von Solnhofen eine Feder und ein Jahr später bei Eichstätt ein ganzes Skelet des ältesten fossilen Vogels gefunden, von A. Wagner aber als gefiedertes Reptil beschrieben. R. Owen erkannte (1863) darin, trotz des langen Schwanzes und der eigenthümlich gebauten Vorderextremitäten, einen ächten Vogel, während Andere darin eine Zwischenform zwischen Vögeln und Reptilien sehen wollen. Ein zweites Skelet von Archaeopteryx fand sich 1877 bei Eichstätt, wurde vom Berliner Museum erworben und von W. Dames (1884) beschrieben. 1875 machte O. C. Marsh auf das Vorkommen bezahnter Vögel aus der Kreide von Kansas aufmerksam und veröffentlichte über diese Odontornithen 1880 eine prächtig ausgestattete Monographie. Die merkwürdigen fossilen Riesenvögel

mit verkümmerten Flügeln aus Neuseeland sind von R. Owen (1849—1886) ausführlich geschildert, die gewaltigen Aepyorniden aus Madagascar von Bianconi, Grandidier, A. Milne-Edwards u. A. beschrieben worden. Von großer Wichtigkeit für die Morphologie und Systematik der Vögel ist das große Werk von M. Fürbringer (1888), worin auch die fossilen Reste einer eingehenden Erörterung unterzogen sind.

Säugethiere. Für keine Abtheilung der Paläontologie existierte im Anfang dieses Jahrhunderts eine so treffliche wissenschaftliche Grundlage, wie über fossile Säugethiere. Cuvier's berühmte Untersuchungen über die fossilen Knochen (vgl. S. 193, 194) enthalten nicht nur die Prinzipien einer vergleichenden Osteologie, sondern zeigen auch in nicht zu übertreffender Weise, wie fossile Wirbelthierreste zu studieren sind und welche Folgerungen sich aus solchen methodisch angestellten Beobachtungen ergeben. Ein beträchtlicher Theil der in Europa vorkommenden fossilen Säugethiere ist in dem Cuvier'schen Fundamentalwerk vortrefflich abgehandelt und bis Darwin bewegte sich die Paläontologie der Säugethiere durchaus in den von Cuvier gewiesenen Bahnen. Die umfangreiche, 4 Bände starke und von einem prächtigen Atlas begleitete vergleichende Osteographie der recenten und fossilen Säugethiere von Ducrotay de Blainville*) (1839—1864) folgt in der Methode ganz und gar dem Cuvier'schen Vorbild, wie sehr auch der Epigone die Leistungen seines Meisters zu bemängeln trachtet. Blainville verfügte über ein ungemein reiches Material und vorzügliche Zeichner, so daß seine Osteographie wohl für alle Zeiten ein Fundamentalwerk für das Studium des Skeletbaues fossiler und lebender Säugethiere bilden wird. An Zuverlässigkeit und künstlerischer Auffassung werden die Blainville'schen Tafeln vielleicht nur durch die prächtigen Skeletdarstellungen lebender Säugethiere von Ch. Pander und d'Alton (1823—1841) übertroffen. Giebel's Fauna der Vorwelt enthält im ersten Band eine fleißige descriptive Compilation aller bis 1847 bekannten fossilen Säugethiere. Neuere Zusammenstellungen der fossilen Säugethiere finden sich in

*) Blainville Henri Marie Ducrotay de, geboren 1778 in Arques bei Dieppe, studierte in Paris Medicin, wurde Professor der vergleichenden Anatomie und Zoologie an der École normale und 1832 nach dem Tode Cuvier's dessen Nachfolger als Professor der vergleichenden Anatomie am Jardin des plantes; starb 1850 im Eisenbahnwagen zwischen Paris und Rouen.

R. Lydekker's Katalog der fossilen Mammalia im britischen Museum (1885—1887), in Flower's und Lydekker's Einleitung zum Studium der lebenden und fossilen Säugethiere (1891) und in O. Roger's Verzeichniß der bisher bekannten fossilen Säugethiere (1887 und 1896). Im Gegensatz zu der vergleichend anatomischen und descriptiven Behandlungsweise Cuvier's und seiner Nachfolger sucht Alb. Gaudry (1878) im ersten Bande seiner »Enchaînements du monde animal« die genealogischen Beziehungen der fossilen Säugethiere in geistvoller und fesselnder Weise darzustellen und die allmähliche Transformation gewisser Typen im Lauf der geologischen Perioden nachzuweisen. Auch Th. Huxley, L. Rütimeyer, Cope, Marsh, Schlosser, Osborn, Scott und viele Andere haben in neuerer Zeit durch das Studium fossiler Säugethiere wichtige Belege zu Gunsten der Descendenztheorie geliefert.

In Deutschland veröffentlichten Goldfuß und G. Jaeger (1835) Beiträge zur Kenntniß der fossilen Säugethiere aus dem Diluvium und dem schwäbischen Tertiär. Wichtig sind die Monographieen von J. J. Kaup (1832—1861) über die tertiären Säugethiere des Mainzer Beckens und insbesondere über die merkwürdige Fauna von Eppelsheim bei Worms. Gleichzeitig mit Kaup begann auch H. v. Meyer seine außerordentlich fruchtbare paläontologische Thätigkeit und zwar mit einer Abhandlung über pferdeartige Thiere (Hipparion) von Eppelsheim, über Cervus Alces und Dinotherium Bavaricum (1832). Dieser folgte (1834) eine Monographie der fossilen Zähne und Knochen von Georgensgmünd in Bayern, und später eine Reihe kleinerer und größerer Abhandlungen über fossile Säugethiere aus Deutschland und fremden Erdtheilen. Alle Arbeiten Meyer's zeichnen sich durch genaue Beobachtung, sorgfältige Beschreibung und getreue bildliche Darstellung der untersuchten Objekte aus. Dem Münchener Paläontologen A. Wagner gebührt das Verdienst, die reiche Säugethierfauna von Pikermi bei Athen zuerst bekannt gemacht zu haben (1848—1857); seine Abhandlungen sind jetzt allerdings durch eine musterhafte Monographie von Alb. Gaudry (1862 bis 1867), welche sich auf ein reicheres, von Gaudry selbst gesammeltes Material stützt, überholt. Durch H. v. Meyer's Tod hatte die Paläontologie der Säugethiere in Deutschland ihren sachkundigsten Vertreter verloren; doch suchten in Württemberg Quenstedt und O. Fraas die Lücke auszufüllen, indem sie die bereits

durch Jaeger bekannten schönen Reste aus dem Bohnerz der schwäbischen Alb nochmals bearbeiteten und ihr Interesse den Funden aus dem Süßwasserkalk von Steinheim zuwandten, dessen Fauna durch O. Fraas monographisch behandelt wurde (1870 und 1885). In neuester Zeit sind M. Schlosser, O. Roger, A. Nehring, Koken, W. Branco und Pohlig in Deutschland auf dem Gebiete der fossilen Mammalia thätig.

In Oesterreich-Ungarn haben K. Peters, E. Sueß, Toula, A. Hofmann, Weithofer, Woldrich u. A. Beiträge zur Kenntniß der tertiären Säugethiere geliefert. Die Fauna der belgischen Höhlen wurde von P. S. Schmerling (1833—1846) vortrefflich bearbeitet, und ähnliche Untersuchungen über diluviale Säugethiere aus Frankreich verdankt man M. de Serres, Lartet*), E. Chantre und Lortet. Mit besonderem Interesse wurde die Paläontologie der Säugethiere überhaupt in Frankreich gepflegt. Auf die Fundamentalwerke von Cuvier und Blainville folgte die vortreffliche Zoologie und Paläontologie der in Frankreich vorkommenden Wirbelthiere von P. Gervais (1848—1852), worin namentlich die Säugethiere in erschöpfender Weise behandelt sind, ferner die Specialmonographieen von Croizet und Jobert über die Säugethierreste des Departements Puy-de-Dôme (1828), von Pomel über jene des Rhonebeckens (1853), von E. Lartet über die miocäne Fauna von Sansan, von H. Filhol über die reiche Fauna der Phosphorite des Quercy, von St. Gérand-le-Puy, Ronzon und Sansan, von Alb. Gaudry über die Fauna des Mont-Léberon, von C. Depéret über die tertiären Säugethiere des Rhonethals und des Rousillon, und von V. Lemoine über die älteste Mammalienfauna Frankreichs aus dem unteren Eocän von Cernays bei Reims. Ein Forscher ersten Ranges auf dem Gebiete der fossilen Säugethiere war L. Rütimeyer**) in Basel. Seine Monographieen über die Fauna der Pfahlbauten (1862),

---

*) Lartet Edouard, geboren 1801 in Poucourons (Gers), studierte in Toulouse Jurisprudenz, widmete sich jedoch als Privatgelehrter paläontologischen und archäologischen Studien und entdeckte 1834 die berühmte Localität Sansan, wurde 1869 Professor der Paläontologie am Museum in Paris; starb im Januar 1870.

**) Rütimeyer Ludwig, geboren am 26. Februar 1825 zu Biglen im Emmenthal als Sohn eines Geistlichen, studierte in Bern anfänglich Theologie, dann Medicin, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit Geologie, Zoologie und

über die Säugethierreste aus dem Bohnerz von Egerkingen (1862 und 1891), seine Beiträge zur vergleichenden Odontographie der Hufthiere (1863), seine Abhandlungen über die Herkunft der Säugethiere (1867), die Beziehungen der Säugethierstämme alter und neuer Welt (1888), und ganz besonders seine Beiträge zu einer natürlichen Geschichte der Wiederkäuer (1865), des Rindes (1866—1867), der Rinder und Antilopen der Tertiärzeit (1877—1878) und der Hirsche (1881) gehören zu den besten und geistvollsten Leistungen über fossile Säugethiere. Rütimeyer ist ein ebenso überzeugter als vorsichtiger Vertreter der Descendenztheorie. Seine Stammbäume und genealogischen Folgerungen zeichnen sich durch eine nachahmenswerthe Beherrschung aller einschlägigen Thatsachen aus und gehören zu den dauerhaften Ergebnissen streng wissenschaftlicher Forschung. Die reichen Funde fossiler Mammalia aus dem Tertiär von Italien wurden theils von italienischen Forschern wie Nesti, Cornalia, Cortesi, Sismonda, Zigno, Capellini, Issel, Portis, Ristori, Squinabol, Meli, theils von Ausländern wie Falconer, Pentland, Rütimeyer, Forsyth Major, Weithofer, Pohlig u. A. bearbeitet.

In Großbritannien lieferte Buckland in seinen Reliquiae diluvianae (1823) die erste umfassendere Darstellung der aus Höhlen und dem Diluvium Englands stammenden Säugethierreste, welche lange Zeit ähnlichen Arbeiten als Muster diente. Später wurde Rich. Owen durch seine ausgezeichnete Naturgeschichte der britischen fossilen Säugethiere und Vögel (1846) unbestrittene Autorität auf diesem Gebiete. Eine stattliche Anzahl von Abhandlungen und Monographieen über britische, australische, südamerikanische und asiatische fossile Mammalien, unter denen die über die ältesten mesozoischen Formen von Stonesfield und Purbeck (1891) besonderes Aufsehen erregte, documentieren die rastlose Thätigkeit dieses großen Gelehrten. Neben Owen war Falconer wohl der eifrigste und kenntnißreichste Forscher über fossile Säugethiere in Großbritannien. Durch seine prächtige, in Gemeinschaft mit Cautley herausgegebene Fauna Sivalensis (1846—1849) wurde eine neue, ungemein reiche Säugethierfauna aus dem jüngeren Tertiär von Indien für die Wissenschaft

Paläontologie. 1853 wurde er außerordentlicher Professor der vergleichenden Anatomie in Bern und 1855 ordentlicher Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie in Basel; starb am 25. November 1895 in Basel.

erschlossen, und in verschiedenen, nach seinem Tode durch Ch. Murchison zu einem Sammelwerk (1868) vereinigten Abhandlungen hat Falconer durchschlagende Arbeiten über die fossilen Proboscidier und Rhinoceroten geliefert. In neuerer Zeit haben sich in England Busk, Flower, R. Lydekker, Boyd Dawkins und Leith Adams mit dem Studium fossiler Säugethiere beschäftigt. Die weiten Ebenen Rußlands haben eine große Menge von diluvialen, die Tertiärbildungen in der Nähe von Odessa und Bessarabien Reste von älteren Säugethieren, namentlich von Cetaceen und Pinnipedien geliefert, um deren Untersuchung sich J. F. Brandt, A. v. Nordmann und M. Pavlow verdient gemacht haben. Eine reiche, im Alter der Bildungen von Pikermi gleichstehende fossile Säugethierfauna wurde (1887) von Forsyth Major auf der Insel Samos entdeckt. Aehnliche Reste waren schon seit 1856 durch Khanikof und Abich von Maragha am Urmia-See in Kleinasien bekannt und wurden später von Pohlig, Lydekker, Kittl, Rodler und Weithofer beschrieben. Die berühmte ostindische Sivalikfauna ist nach Falconer und Cautley durch L. Rütimeyer und R. Lydekker (1875—1886) vortrefflich bearbeitet worden. Ueber chinesische und japanische tertiäre Säugethierreste geben Abhandlungen von R. Owen, Ed. Naumann und Koken Aufschluß.

Aus Nordamerika waren schon im vorigen Jahrhundert mancherlei Ueberreste von großen Landsäugethieren aus dem Diluvium bekannt. Im Jahre 1857 entdeckte Emmons den berühmten Dromotherium-Unterkiefer aus der Trias von Virginien. Eine streng wissenschaftliche Periode für die Paläontologie der Mammalia beginnt jedoch jenseits des Ozeans erst mit der Thätigkeit Joseph Leidy's.*) Im Jahre 1853 erschien die erste Monographie dieses Forschers mit überraschenden Mittheilungen über eine völlig neue tertiäre Säugethierfauna in Nebraska, die sich wesentlich von allen bisher aus Europa bekannten unterscheidet. Zwei weitere umfangreiche Werke (1869 und 1873) desselben Autors zeigten, daß im fernen Westen Nordamerikas Säugethierfaunen von verschiedenem Alter in den Tertiärschichten begraben liegen, von denen man bisher keine Ahnung hatte. Die trefflichen Publicationen Leidy's veranlaßten im Beginn der siebziger Jahre

*) Leidy Joseph, geboren 1823 in Philadelphia, studierte in seiner Vaterstadt Medicin, wurde 1853 Professor der Anatomie an der dortigen Universität, starb daselbst am 30. April 1891.

fast gleichzeitig O. C. Marsh und E. D. Cope zu ihren langjährigen, mit bewunderungswürdigem Eifer und gewaltigem Aufwand an Geldmitteln ausgeführten Aufsammlungen und Forschungen im amerikanischen Westen, durch welche die Zahl der damals bekannten fossilen Säugethiere verdoppelt wurde. Dem Scharfblick Marsh's*) und seiner trefflich geschulten Sammler verdankt man die Entdeckung einer reichen Mikrofauna von Säugethieren im oberen Jura und einer ähnlichen in den jüngsten Kreideschichten von Wyoming und Colorado. Eine mit Tafeln von unübertrefflicher Schönheit ausgestattete Monographie schildert (1884) die auf Nordamerika beschränkte Gruppe der gigantischen Dinoceraten, und in zahlreichen kleineren, größtentheils von vorzüglichen Abbildungen begleiteten Abhandlungen im American Journal of Sciences hat Marsh successive die Ergebnisse seiner Forschung veröffentlicht. Neben, leider aber nicht im Einvernehmen mit Marsh arbeitete sein unermüdlicher Rivale E. D. Cope im fernen Westen. Die glänzenden, geistsprühenden Arbeiten dieses genialen Forschers bilden einen Markstein in der Geschichte der Paläontologie der Wirbelthiere. Namentlich die Systematik der Säugethiere wurde von Cope wesentlich umgestaltet, und seine beiden Berichte über die erloschenen Vertebraten in Neu-Mexico (1874) und über die Wirbelthiere der Tertiärformationen des Westens (1884) (wohl das dickleibigste überhaupt existierende Werk paläontologischen Inhaltes) enthalten eine solche Fülle von neuen Entdeckungen, wie sie wohl kaum je in einem anderen Werk über fossile Wirbelthiere geboten wurde. Von besonderem Interesse ist die von Cope entdeckte reiche Fauna aus der sogenannten Puercoformation, der ältesten Stufe im

*) Marsh Othniel Charles, Neffe des reichen Philanthropen Peabody, ist am 29. October 1831 zu Lockport im Staat New-York geboren, studierte im Yale College zu New-Haven, in Berlin, Heidelberg und Breslau und bereiste während seiner Studienzeit Deutschland, die Alpen und einen Theil von Europa. Nach seiner Rückkehr nach Amerika wurde er 1866 Professor der Paläontologie am Yale College in New-Haven und Director der geologischen und paläontologischen Abtheilung des von Peabody gegründeten Museums; eine Stelle, die er 30 Jahre lang bekleidete. Von New-Haven aus organisierte er zahlreiche Expeditionen nach dem damals noch höchst unwirthlichen Westen, von wo er über tausend neue Arten von fossilen Wirbelthieren zurückbrachte. Seine, auf eigene Kosten zusammengebrachte Privatsammlung vermachte er dem Peabody-Museum; die auf Staatskosten gesammelten Exemplare kamen nach Washington. Er starb im März 1899 in New-Haven.

amerikanischen Eocän. Daß bei der raschen, manchmal überhasteten Publication der beiden rivalisierenden Forscher manche Formen doppelt beschrieben und ungenügend charakterisiert wurden, ist begreiflich. Es bleibt darum ihren Nachfolgern, unter denen H. F. Osborn, W. B. Scott und Wortman in vorderster Reihe stehen, noch ein reiches Feld der Thätigkeit übrig. Die drei genannten Forscher und ihre Schüler W. D. Matthew, Earle, Adams u. A. haben bereits eine Reihe von mustergiltigen Specialarbeiten über einzelne Familien oder Faunen geliefert.

Cope's Arbeiten erstreckten sich auch auf die fossilen Säugethierreste von Mexico, Centralamerika und Westindien. In Brasilien entdeckte der Däne P. W. Lund eine reiche fossile Höhlenfauna, die 1841—1845 vortrefflich beschrieben wurde. Ein ergiebiges Feld für merkwürdige fossile Säugethiere bieten die ausgedehnten Pampas in Argentinien, Uruguay und Paraguay. Ihre fossile Fauna, unter der die riesenhaften Faulthiere und Gürtelthiere schon frühzeitig Aufsehen erregt hatten, wurde von Owen, Gervais, d'Alton, Huxley, Flower, Nodot, H. v. Meyer und in neuerer Zeit besonders von H. Burmeister (1864—1881), J. Reinhardt (1875) und Flor. Ameghino bearbeitet. Ueber die fossile Säugethierfauna von Ecuador gibt W. Branco Aufschluß. Nächst den großen Entdeckungen im nordamerikanischen Westen dürfte die Erschließung einer gänzlich neuen tertiären Säugethierfauna in Patagonien durch Florentino Ameghino wohl das wichtigste paläontologische Ereigniß der zwei letzten Dezennien dieses Jahrhunderts bilden. Die unerschöpflichen Fundstätten in der Provinz Santa Cruz liefern noch immer neue Formen und die ganze durch Ameghino beschriebene Fauna wirft Licht auf die Vorläufer und die Entwickelung der jetzigen südamerikanischen Säugethiere. Auch in Australien wurde eine Anzahl fossiler Mammalia entdeckt, welche sich als Vorfahren der heutigen Beutelthiere erwiesen, aber theilweise durch gewaltige Größe ausgezeichnet sind. Sie wurden größtentheils von R. Owen, theilweise auch von Falconer und Flower beschrieben. Ueber die in Nordafrika vorkommenden fossilen Säugethiere schrieb A. Pomel eine Reihe von Abhandlungen.

Abgesehen von der bisher genannten, meist ganze Faunen oder zusammengehörige locale Vorkommnisse behandelnden Literatur gibt es eine Menge von speciellen Arbeiten über einzelne Ordnungen oder

Familien von Säugethieren oder über Fragen der vergleichenden Osteologie und Odontologie. So behandeln die meisterhaften Arbeiten von W. Kowalewsky (1874) und E. Cope die Transformationen der Extremitäten und des Gebisses bei den Hufthieren; Rütimeyer hat (1863) über den Zahnbau der Hufthiere interessante Beobachtungen veröffentlicht, die wesentlichen Bestandtheile der Backzähne in ihren verschiedenen Modificationen geschildert und zuerst eine bestimmte Terminologie für dieselben vorgeschlagen. Von Wortman, Schlosser und insbesondere von Osborn wurden die Cope'schen Ideen weiter fortgebildet und von letzterem eine für alle Säugethiere giltige odontologische Nomenclatur der einzelnen Elemente der Backzähne vorgeschlagen. Mit Zahnwechsel und Zahnentwickelung beschäftigen sich Arbeiten von Flower, Baume, Schlosser, Leche, Röse u. A., mit der Entwickelung und Umbildung der Extremitäten bei lebenden und fossilen Säugethieren solche von Cope, Osborn, Schlosser.

Specialuntersuchungen über fossile Marsupialien rühren her von R. Owen, H. F. Osborn, Flower, O. C. Marsh; für fossile Cetaceen sind P. J. van Beneden, Joh. Müller, J. F. Brandt und Capellini Autoritäten. Ueber fossile Sirenen schrieben Brandt, Kaup, Krauß, Lepsius, Delfortrie, Capellini, Zigno u. A. Eine ungemein reiche Specialliteratur existiert über fossile Hufthiere; allein die Aufzählung der hierher gehörigen Abhandlungen würde meist nur eine Wiederholung der bereits genannten Autoren bilden. Die fossilen Nager sind von Forsyth Major, Nehring, Schlosser, Winge und Ameghino, die Insektenfresser und Fledermäuse von Schlosser und Winge, die Raubthiere von Filhol, Cope, Schlosser, Scott, Trouessart besonders studiert worden; über fossile Halbaffen und Affen gewähren Arbeiten von Filhol, Cope, Schlosser, A. Wagner, Beyrich, A. Gaudry, Depéret, Ristori, Forsyth Major, Dubois u. A. Aufschluß.

Auch über das Vorkommen fossiler Menschenreste und Produkte menschlicher Thätigkeit, über die Herkunft des Menschengeschlechtes und über dessen Beziehungen zu den Primaten existiert eine umfangreiche Literatur. Nachdem aber eine besondere Wissenschaft, die Anthropologie, die Lösung dieser Fragen zu ihren Hauptaufgaben zählt, so beschränkt sich die Paläontologie mehr und mehr auf das Studium des fossilen Pflanzen- und Thierreichs.

Anmerkungen zum 7. Kapitel der 4. Periode.

[1]) Fischer v. Waldheim Gotthelf. Bibliographia Palaeonthologica animalium systematica. Mosquae 1834.

[2]) d'Archiac A. Paléontologie de la France. Recueil de rapports sur les progrès des Lettres et des Sciences en France. Paris 1868.

[3]) Brongniart Ad. Th. Mémoires du Muséum d'histoire naturelle de Paris 1822.

[4]) Brongniart Ad. Th. Histoire des végétaux fossiles. Paris 1828—1844.

[5]) Sprengel Ant. Commentatio de Psarolithis ligni fossilis genere. Halae 1828.

[6]) Witham Henry T. M. Observations on fossil Vegetables, accompagnied by representations of their internal Structure, as seen through the Microscope. Edinburgh 1831. — The internal Structure of fossil Vegetables found in the Carboniferous and Oolitic Deposits of Great Britain. Edinburgh 1833.

[7]) Cotta B. Die Dendrolithen in Beziehung auf ihren inneren Bau. Dresden 1882. Mit 20 Tafeln.

[8]) Corda Aug. Jos. Skizzen zur vergleichenden Phytotomie vor- und jetztweltlicher Pflanzenstämme. 1838—1842. — Beiträge zur Flora der Vorwelt. Prag 1845. Mit 60 Foliotafeln.

[9]) Brongniart Ad. Archives du Muséum d'hist. nat. 1839. tome I.

[10]) Schmid E. E. und Schleiden M. J. Ueber die Natur der Kieselhölzer. Jena 1855.

[11]) Merklin C. E. v. Palaeodendrologicon Rossicum. Vergleichende anatomisch-mikroskopische Untersuchungen fossiler Hölzer aus Rußland. St. Petersburg 1855.

[12]) Binney E. W. Structure of fossil plants from the Carboniferous Strata of Great Britain. Palaeontographical Society 1868—1882.

[13]) Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wissenschaften in Wien 1854. Bd. XII.

[14]) Saporta Gaston de. Études sur la Végétation du Sud-Est de la France à l'époque tertiaire. Annales des Sciences naturelles. Botanique. 4e sér. t. XVI. VII. XIX. 5e sér. t. III. IV. VIII. IX. 1861—1868.

[15]) Saporta Gaston de. Mém. Soc. géol. de Fr. 1865. t. VIII.

[16]) Saporta Gaston de. Le Monde des Plantes avant l'apparition de l'homme. Paris 1879. — L'Évolution du règne végétale. Cryptogames et Phanerogames en Collaboration avec A. F. Marion. Paris 1881 u. 1885. — Origine paléontologique des Arbres. Paris 1888.

[17]) Proceedings of the American Association 1849. II. S. 432.

[18]) Nicholson Henry Alleyne. A Manual of Palaeontology. Edinburgh and London 1872. 3. vollständig umgearbeitete Auflage von H. A. Nicholson u. R. Lydekker in 2 Bänden 1889.

[19]) Zittel K. A. Handbuch der Paläontologie unter Mitwirkung von Ph. Schimper, A. Schenk und Sam. Scudder. 5 Bände. München u. Leipzig 1872—1893.

[20]) Hoernes Rud. Elemente d. Paläontologie (Paläozoologie). Leipzig 1884.

[21]) Steinmann G. und Döderlein L. Elemente der Paläontologie. Leipzig 1890.

[22]) Bernard Felix. Éléments de Paléontologie. Paris 1895.

[23]) Zittel K. A. v. Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). München und Leipzig 1895.

[24]) Woodward Arthur Smith. Outlines of Vertebrate Palaeontology for Students of Zoology. Cambridge 1898.

[25]) Neumayr M. Die Stämme des Thierreichs. Wirbellose Thiere. Wien und Prag 1889.

[26]) Gaudry Alb. Les enchainements du monde animal dans les temps géologiques. I. Mammifères tertiaires (1878). II. Fossiles primaires (1883). III. Fossiles secondaires (1890). — Les ancêtres de nos animaux dans les temps géologiques. Biblioth. scientif. contemp. Paris 1888. — Essai de Paléontologie philosophique. Paris 1896.

[27]) Cope E. D. The origin of the Fittest. Essays of Evolution. New York 1887.

Autoren-Verzeichniß.

(Die mit Fettschrift gedruckten Zahlen deuten auf eine biographische Notiz über den betreffenden Autor hin.)

C.

L.

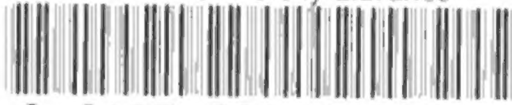
N.

Q.

R.

T.

R. Oldenbourg, München.



Digitized by Google